ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. М. Игнатович, О. П. Муравлев, О. О. Муравлева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно–издательским советом
Национального исследовательского
Томского политехнического университета

Издательство Томского политехнического университета
2010

УДК 621.313.001.6 (075.8)
ББК 31.261.8я73

"Проектирование электрических машин в вопросах и ответах" учебное пособие
В. М. Игнатович, О. П. Муравлев, О. О. Муравлева
Национальный исследовательский Томский политехнический университет.
Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2010.

В учебном пособии представлены вопросы и правильные ответы по дисциплине "Проектирование электрических машин" в пяти главах: общие вопросы проектирования электрических машин; основы конструирования электрических машин; вибрация и шум электрических машин; проектирование асинхронных двигателей общепромышленного назначения и основных модификаций; проектирование машин постоянного тока. Пособие подготовлено на кафедре "Электрические машины и аппараты" ЭЛТИ Национального исследовательского Томского политехнического университета, соответствует ФГОС ВПО и предназначено для студентов направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" по специальности "Электромеханика".

УДК 621.313.001
ББК 31.261.8я73

Рецензенты:
Кандидат технических наук, директор по технологии и качеству
ОАО "Сибэлектромотор" А. Э. Гусельников
Кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ТГАСУ
В. М. Педиков
Доктор технических наук, профессор кафедры ЭПЭО НИ ТПУ Р. Ф. Бекишев

Введение

"Проектирование электрических машин" является одной из специальных дисциплин при подготовке специалистов с высшим образованием по специальности "Электромеханика". Под проектированием электрической машины принято понимать: *расчет* размеров отдельных ее частей, параметров обмоток, рабочих и других характеристик; *конструирование* электрической машины в целом, а также отдельных деталей и сборочных единиц; *оценка* технико–экономических показателей спроектированной электрической машины, включая показатели надежности. При этом обосновывается выбор всех используемых материалов, всех принимаемых решений. Спроектированная электрическая машина должна соответствовать своему назначению, быть экономичной при изготовлении и эксплуатации.

Проектирование электрической машины представляет собой сложнейшую задачу. Для ее решения требуются глубокие знания по таким дисциплинам, как "Высшая математика", "Физика", "Прикладная механика", "Теоретические основы электротехники", "Электротехническое материаловедение", "Электрические машины". Очень важны практические навыки, опытные данные и достаточно подробные сведения о назначении машины и условиях, в которых она будет работать. Кроме того, необходимо учесть большое количество факторов, влияющих на эксплуатационные свойства, надежность и себестоимость. Поэтому не спроста считается бесспорным, что электрическая машина – высокоинтеллектуальное электромеханическое устройство.

Использование таких мощных средств, как системы автоматизированного проектирования и конструирования электрических машин, позволяют не только быстро и безошибочно выполнить все многообразие расчетов, но и оптимизировать создаваемую электрическую машину. Однако для постановки задачи оптимизации и проведения всех расчетов требуются в первую очередь глубокие базовые знания и навыки по проектированию электрических машин, сформировать которые, в частности, возможно только при эффективной самостоятельной работе.

В настоящее время в "Национальном исследовательском Томском политехническом университете" вполне достаточно необходимой учебной литературы по дисциплине "Проектирование электрических машин", но методическое обеспечение для организации самостоятельной работы студентов в полном объеме не сформировано. Учебное пособие предназначено для устранения имеющегося пробела, с целью улучшения организации самостоятельной работы студентов, повышения качества подготовки специалистов.

В пособии представлен основополагающий материал по дисциплине в виде вопросов и правильных ответов по следующим разделам:

– общие вопросы проектирования электрических машин;
– основы конструирования электрических машин;
– вибрация и шум электрических машин;
– проектирование асинхронных двигателей общего применения и их модификаций;
– проектирование машин постоянного тока.

Учебное пособие может быть полезным как преподавателям, так и студентам. Преподавателям – при организации всех видов контроля учебного процесса: от входного до итогового, вплоть до Государственного междисциплинарного экзамена, включая защиту выпускной квалификационной работы (ВКР). Студентам – при подготовке к контрольным работам, проводимым при изучении дисциплины, к зачету и экзаменам, к защите ВКР.

Особо полезно пособие, по мнению авторов, для студентов, обучающихся дистанционно. Для них не просто освоить "Проектирование электрических машин", так как зачастую нет рядом преподавателя для получения правильного ответа на основополагающие – базовые вопросы, что особенно важно при дефиците времени.

Глава 1
Общие вопросы проектирования электрических машин.

Вопрос 1. 1. Что такое "проектирование электрических машин"?
Ответ:
– расчет размеров отдельных её частей, параметров обмоток, рабочих и других характеристик;
– конструирование электрической машины в целом, а также отдельных деталей и сборочных единиц;
– оценка технико–экономических показателей спроектированной электрической машины, включая показатели надежности.

Вопрос 1. 2. Назовите основные тенденции в развитии электромашиностроения.
Ответ: – использование более нагревостойкой изоляции;
– применение улучшенных марок электротехнической стали;
– усовершенствование охлаждения электрических машин;
– усовершенствование методов расчета электрических машин;
– улучшение конструкции электрических машин с придачей узлам и деталям эстетических и рациональных форм при уменьшении массы и обеспечения прочности; создание энергоэффективных электрических машин.

Вопрос 1. 3. Назовите три номинальных напряжения трехфазных двигателей переменного тока до 1000 В. **Ответ:** 220, 380, 660 В.

Вопрос 1. 4. Назовите два номинальных напряжения трехфазных двигателей переменного тока свыше 1000 В. **Ответ:** 6000, 10000 В.

Вопрос 1. 5. Назовите три номинальных напряжения трехфазных генераторов переменного тока до 1000 В. **Ответ:** 230, 400, 690 В.

Вопрос 1. 6. Назовите номинальные напряжения трехфазных генераторов переменного тока свыше 1000 В. **Ответ:** 6300, 10500 В.

Вопрос 1. 7. Назовите три номинальных напряжения двигателей постоянного тока.
Ответ: 110, 220, 440 В.

Вопрос 1. 8. Назовите три номинальных напряжения генераторов постоянного тока.
Ответ: 115, 230, 460 В.

Вопрос 1. 9. Что такое "высота оси вращения" электрической машины?
Ответ: Расстояние от оси вращения до опорной плоскости.

Вопрос 1. 10. Перечислите установочно–присоединительные размеры электрических машин (IM1001).
Ответ:
– высота оси вращения (h);
– расстояние между осями отверстий под болты в лапах (торцевой вид, b_{10});
– диаметр отверстий под болты в лапах (d_{10});
– расстояние между осями отверстий под болты в лапах (вид сбоку, L_{10});
– расстояние от оси ближайшего отверстия в лапе машины до упора (заплечика)
– длина свободного конца вала (L_{31});
– диаметр свободного конца вала (d_1);
– длина свободного конца вала (L_1).

Вопрос 1. 11. Перечислите установочно–присоединительные размеры электрических машин (IM3001).
Ответ:
– расстояние между осями отверстий под болты во фланце (d_{20});
– диаметр отверстий под болты во фланце (d_{22});
– диаметр фланца наружный (d_{24});
– диаметр фланца внутренний (d_{25});
– диаметр свободного конца вала (d_1);
– длина свободного конца вала (L_1).

Вопрос 1. 12. Поясните, как условно обозначается степень защиты электрической машины от воздействия окружающей среды.
Ответ: IPXX, где X – первая позиция после IP **–** степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями, находящимися внутри электрической машины, а также степень защиты самой электрической машины от попадания в неё твердых посторонних тел (цифры 0÷6); X – вторая позиция после IP – степень защиты от проникновения внутрь электрической машины воды (цифры 0÷8).

Вопрос 1. 13. Поясните, что такое IP22? **Ответ:** Это защищенная электрическая машина. Она защищена от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной $\ell \leq$ 80 мм. и твердых тел размером > 12 мм. а также от капель воды при наклоне оболочки до 15°.

Вопрос 1. 14. Поясните, что такое IP23? **Ответ:** Это защищенная электрическая машина. Она защищена от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной $\ell \leq$ 80 мм. и твердых тел размером > 12 мм. а также от дождя (под углом до 60° от вертикали).

Вопрос 1. 15. Поясните, что такое IP44? **Ответ:** Это закрытая электрическая машина. Она защищена от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером > 1 мм. и от водяных брызг в любом направлении.

Вопрос 1. 16. Поясните, как условно обозначаются способы охлаждения электрических машин?
Ответ: ICX XX XX, где X – первая позиция после IC **–** вид хладоагента (буква латинского алфавита, если воздух, то буква может быть опущена); X – первая позиция в двух парах цифр – устройство внутренней (внешней) цепи для циркуляции хладоагента (цифры 0÷8); X – вторая позиция в двух парах цифр – способ его перемещения (цифры 0÷7).

Вопрос 1. 17. Поясните, что такое IC01?
Ответ: Это способ охлаждения электрической машины. В качестве хладоагента используется воздух. 0 – устройство цепи для циркуляции хладоагента (свободная циркуляция воздуха); 1 – способ перемещения хладоагента–воздуха (самовентиляция).

Вопрос 1. 18. Поясните, что такое IC0141?
Ответ: Это способ охлаждения электрической машины. В качестве хладоагента используется воздух. 0 – устройство внутренней цепи охлаждения для циркуляции хладоагента (свободная циркуляция воздуха); 1 – способ перемещения хладоагента–воздуха (самовентиляция); 4 – устройство наружной цепи охлаждения для циркуляции хладоагента (с помощью наружной поверхности машины).

Вопрос 1. 19. Поясните, как условно обозначается исполнение электрической машины по способу монтажа.
Ответ: IMXXXX, где X – первая позиция цифрового обозначения – конструктивное исполнение (цифры 1÷9); вторая и третья позиции цифрового обозначения – способ монтажа (пространственное положение электрической машины) и направление выступающего конца вала; четвертая позиция цифрового обозначения – исполнение выступающего конца вала (цифры 0 ÷ 7).

Вопрос 1. 20. Поясните, что такое IM1001?
Ответ: Это исполнение электрической машины по способу монтажа.
1 – конструктивное исполнение электрической машины (на лапах с подшипниковыми щитами); 00 – горизонтальное направление выступающего конца вала; 1 – исполнение выступающего конца вала (с одним цилиндрическим).

Вопрос 1. 21. Поясните, как условно обозначаются климатические исполнения электрических машин?
Ответ: Одной или двумя прописными буквами русского алфавита.

Вопрос 1. 22. Поясните, как условно обозначается климатическое исполнение электрической машины для применения на суше, реках, озерах – общеклиматическое?
Ответ: О (прописная буква русского алфавита) – общеклиматическое исполнение на суше, реках, озерах.

Вопрос 1. 23. Поясните, как условно обозначается климатическое исполнение электрической машины для морских судов неограниченного района плавания.
Ответ: ОМ (прописные буквы русского алфавита) – для морских судов неограниченного района плавания.

Вопрос 1. 24. Поясните, как условно обозначается климатическое исполнение электрической машины для всех макроклиматических районов на суше и на море.
Ответ: В (прописная буква русского алфавита) – для всех макроклиматических районов на суше и на море.

Вопрос 1. 25. Поясните, как условно обозначаются категории размещения электрических машин?
Ответ: Одной цифрой (арабской) после буквенного обозначения климатического исполнения электрической машины.

Вопрос 1. 26. Перечислите внешние воздействующие факторы на электрические машины. **Ответ:** Климатические, механические, специальные, биологические.

Вопрос 1. 27. Перечислите внешние климатические факторы, воздействующие на электрическую машину.
Ответ: температура и влажность воздуха; давление воздуха или газа (высота над уровнем моря); солнечная радиация; соляной туман; дождь, ветер, пыль (в т.ч. снежная); иней, резкая смена температур.

Вопрос 1. 28. Назовите нормальные значения таких климатических внешних воздействующих факторов, как температура, относительная влажность воздуха, атмосферное давление.
Ответ: температура 25 ±2,5, °С; относительная влажность воздуха 45 ÷ 80%; атмосферное давление 84 ÷ 106, кПа.

Вопрос 1. 29. Назовите факторы внешнего механического воздействия на электрические машины общего назначения.
Ответ: размещение при эксплуатации непосредственно на стенах предприятий, фундамента и т. п.; при внешних источниках механических воздействий, создающих вибрацию с частотой ≤ 35 *гц*; при максимальном ускорении ≤ 0.5 g; отсутствие ударных нагрузок.

Вопрос 1. 30. Что такое "объем активной части" электрической машины?
Ответ: Это пространство, в котором размещены сердечники и пазовые части обмоток.

Вопрос 1. 31. Как рассчитать объем активной части электрической машины?
Ответ:

$$\frac{\pi \times D_a^2 \times L}{4} \approx 0{,}785 \times D_a^2 \times L$$

где D_a – наружный диаметр сердечника статора в мшине переменного тока и наружный диаметр станины в машине постоянного тока; L – длина сердечника.

Вопрос 1. 32. Что называют главными размерами асинхронной машины?
Ответ: D и L_δ, где D – внутренний диаметр сердечника статора; L_δ – расчетная аксиальная длина воздушного зазора.

Вопрос 1. 33. Что называют главными размерами машины постоянного тока?
Ответ: D и L_δ , где D – диаметр якоря; L_δ – расчетная аксиальная длина воздушного зазора.

Вопрос 1. 34. Что называют электромагнитными нагрузками электрической машины?
Ответ: A и B_δ , где A – линейная нагрузка; B_δ – индукция в воздушном зазоре.

Вопрос 1. 35. Что такое линейная нагрузка и что она определяет?
Ответ: Это одна из электромагнитных нагрузок электрической машины, отношение тока всех проводников обмотки к длине окружности πD. Её значение показывает какой ток приходится в среднем на единицу длины окружности воздушного зазора электрической машины.

Вопрос 1. 36. Что такое индукция в воздушном зазоре и что она определяет?
Ответ: Это одна из электромагнитных нагрузок электрической машины, определяет магнитный поток машины и следовательно уровень индукции в участках магнитной цепи.
Вопрос 1. 37. Чем определяются наибольшие допустимые уровни электромагнитных нагрузок конкретной электрической машины?
Ответ: Наибольшие допустимые уровни электромагнитных нагрузок конкретной электрической машины определяются допустимым нагревом активных частей для принятого класса нагревостойкости изоляции обмоток.

Вопрос 1. 38. От чего и каким образом зависит объем активной части проектируемой электрической машины?
Ответ: Объем активной части проектируемой электрической машины пропорционален расчетной мощности электрической машины P' и обратнопропорционален частоте вращения ротора n, коэффициенту полюсного перекрытия α_δ, коэффициенту формы поля κ_B, обмоточному коэффициенту $\kappa_{об1}$, линейной нагрузке A, индукции в воздушном зазоре $B\delta$.

Вопрос 1. 39. Объясните, что произойдет с выделяющимися потерями при работе электрической машины одной и той же мощности, но с большим объёмом активной части?
Ответ: Выделяющиеся потери уменьшатся с увеличением объёма активной части, так как в машине одной и той же мощности, но с большими габаритами меньше электромагнитные нагрузки.

Вопрос 1. 40. Что произойдёт со способностью электрической машины рассеивать потери при неизменном превышении температуры обмоток с увеличением объёма активной части?
Ответ: Способность рассеивать потери с увеличением объема активной части возрастает при неизменном превышении температуры обмоток по двум причинам: во–первых, увеличивается поверхность охлаждения; во–вторых, появляется возможность лучшей организации охлаждающей системы.

Вопрос 1. 41. Объясните, как повлияет на объем активной части электрической машины применение более высокого класса нагревостойкости изоляционных материалов?
Ответ: Применение более высокого класса нагревостойкости изоляционных материалов позволяет уменьшить габариты и соответственно объём активной части электрической машины.

Вопрос 1. 42. Как повлияет на объем активной части электрической машины использование новых электроизоляционных материалов, позволяющих уменьшить толщину изоляции?
Ответ: Объём активной части электрической машины уменьшится, так как за счет уменьшения толщины изоляции можно снизить плотность тока в обмотках, что приведёт к общему уменьшению электрических потерь.

Вопрос 1. 43. Как проверить правильность выбора главных размеров электрических машин?
Ответ: Нужно вычислить отношение $\lambda = L_\delta/D$ для машин постоянного тока или $\lambda = L_\delta/\tau$, где τ – полюсное деление для машин переменного тока. Это отношение сравнивается с пределами, рекомендуемыми для принятого исполнения машины.

Глава 2
Основы конструирования электрических машин.

Вопрос 2. 1. Что такое "правильно сконструированный вал" электрической машины?
Ответ: он должен быть достаточно прочным, достаточно жестким и критическая частота вращения его должна быть значительно больше рабочих частот вращения (при жестком вале).

Вопрос 2. 2. Поясните, что такое "вал достаточно прочный"?
Ответ: вал, выдерживающий все действующие на него нагрузки без проявления остаточных деформаций.

Вопрос 2. 3. Поясните, что такое "вал достаточно жесткий"?
Ответ: такой вал, у которого при работе электрической машины результирующий прогиб не превышает предельно допустимого.

Вопрос 2. 4. Что такое "критическая частота вращения вала"?
Ответ: при этой частоте вращения вынуждающая сила небаланса имеет частоту, равную частоте собственных поперечных колебаний вала, резко увеличивается прогиб вала и вибрация электрической машины (наступает явление резонанса).

Вопрос 2. 5. Назовите наиболее распространенный материал для изготовления вала электрической машины.
Ответ: углеродистые стали, преимущественно из стали марки 45, для повышения механических свойств их подвергают термической обработке.

Вопрос 2. 6. Перечислите воздействия, которые испытывает вал электрической машины (IM1001) при работе.
Ответ: масса вращающихся частей, вращающий момент, изгибающие силы передачи, силы одностороннего магнитного притяжения, силы небаланса вращающихся частей, усилия при появлении крутильных колебаний.

Вопрос 2. 7. Какую форму имеет вал электрической машины?
Ответ: ступенчатую цилиндрическую форму с большим диаметром в месте посадки магнитопровода ротора, если для фиксации положения пакета магнитопровода ротора на валу не предусматривается упорный буртик.

Вопрос 2. 8. От чего зависит число ступеней вала электрической машины?
Ответ: от количества узлов электрической машины, размещаемых на нем (сердечник, подшипники, вентилятор и т.д.).

Вопрос 2. 9. Как предупредить недопустимую концентрацию напряжений в местах перехода с одного диаметра вала на другой?
Ответ: предусматриваются закругления (галтели) максимально возможного радиуса, отношение диаметров соседних ступеней должно быть не более 1,3.

Вопрос 2. 10. Какой величиной нормируется радиус галтели?
Ответ: отношение радиуса галтели к меньшему диаметру вала должно быть больше 0,05 ,т. е. больше 5%.

Вопрос 2. 11. Какой величиной нормируется соотношение диаметров соседних ступеней вала электрической машины?
Ответ: не следует применять отношение диаметров соседних ступеней вала более 1,3.

Вопрос 2. 12. Какую форму может иметь выступающий конец вала электрической машины? **Ответ:** цилиндрическую (широко применяемую) и коническую.

Вопрос 2. 13. Что располагается на выступающем конце вала электрической машины и чем закрепляется? **Ответ:** полумуфта (шкив или шестерня), закрепляемая шпонкой.

Вопрос 2. 14. Как на этапе конструирования вала электрической машины упростить его обработку, если на нем имеется ряд шпонок для закрепления различных узлов, размещаемых на нем? **Ответ:** в целях упрощения обработки вала ширину всех шпонок брать такой же, как у выступающего конца.

Вопрос 2. 15. Какими соображениями руководствуются при выборе размеров выступающего цилиндрического конца вала электрической машины?
Ответ: должны быть выбраны стандартными (в соответствии с ГОСТами) с учетом величины вращающего момента М.

Вопрос 2. 16. Какими соображениями руководствуются при выборе размеров шеек вала электрической машины, на которых размещаются подшипники?
Ответ: они должны быть согласованы с размерами подшипников.

Вопрос 2. 17. Чем вызван прогиб вала электрической машины (IM 1001)?
Ответ:
– сосредоточенной силой посередине длины магнитопровода, равной массе активной стали ротора с обмоткой и коллектором (в машине постоянного тока) и массе участка вала под ним;
– поперечными силами, приложенными к выступающему концу вала и вызванными натяжением ремня (или давлением на зубец шестерни, или неточностью сопряжения валов и изготовлением деталей муфты);
– силами одностороннего магнитного притяжения, если ротор смещен из центрального положения по отношению к внутренней поверхности статора.

Вопрос 2. 18. Назовите допустимый результирующий прогиб вала асинхронной электрической машины при различных видах передачи.
Ответ: 10% для передач зубчатой, ременной, упругой муфтой.

Вопрос 2. 19. Назовите допустимый результирующий прогиб вала синхронной электрической машины при различных видах передачи.
Ответ: 7% (зубчатая передача), 8% (упругая муфта), 10% (ременная передача).

Вопрос 2. 20. Назовите допустимый результирующий прогиб вала электрической машины постоянного тока при различных видах передачи.
Ответ: 5% (зубчатая передача), 6% (упругая муфта), 10% (ременная передача).

Вопрос 2. 21.Что определяется при расчете вала электрической машины на жесткость?
Ответ: результирующий прогиб вала и его сравнение с допустимым прогибом.

Вопрос 2. 22. Что определяется при расчете вала электрической машины на прочность?
Ответ: приведенное напряжение при совместном действии изгиба и кручения для наиболее нагруженного сечения и его сравнение с пределом текучести на растяжение материала вала.

Вопрос 2. 23. Чему равен предел текучести на растяжение такого материала для валов электрических машин, как Ст.45? **Ответ:** 360 МПа.

Вопрос 2. 24. Запишите критерий достаточной прочности вала электрической машины.
Ответ: $\sigma_{np} \leq 0{,}7\sigma_m$, где σ_{np} – приведенное напряжение при совместном действии изгиба и кручения для наиболее нагруженного сечения; σ_m – предел текучести на растяжение качественной стали.

Вопрос 2. 25. Перечислите составляющие механического расчета вала электрической машины.
Ответ: расчеты на жесткость и прочность и расчет критической частоты вращения вала.

Вопрос 2. 26. Какой материал используется для изготовления сердечников электрических машин переменного тока?
Ответ: холоднокатаная изотропная электротехническая сталь.

Вопрос 2. 27. Как крепится на валу сердечник ротора асинхронной машины, если ротор короткозамкнутый?
Ответ:
– на гладкий вал горячей посадкой (ротор короткозамкнутый литой при h ≤ 250 мм. и D_2 до 200 – 300 мм.);
– шпонка + пружинное кольцо (втулка), если ротор короткозамкнутый литой (h ≥ 280 мм. D_2 > 200 – 300 мм), короткозамкнутый сварной.

Вопрос 2. 28. Как крепится на валу сердечник ротора асинхронной машины, если ротор фазный?
Ответ: при помощи шпонки, пружинного кольца (втулок) или кольцевой шпонки.

Вопрос 2. 29. Как крепится на валу магнитопровод ротора машины постоянного тока?
Ответ: при помощи шпонки, пружинного кольца (втулок) или кольцевой шпонки.

Вопрос 2. 30. Назовите условие высококачественной заливки пазов алюминием.
Ответ:
– для асинхронных машин с h ≤ 132мм b_2 ≥ 1,5 – 2,0 мм;
– для асинхронных машин с h ≥ 160 мм. b_2 ≥ 2,5 – 3,0 мм,
где b_2 – диаметр нижней части паза ротора.

Вопрос 2. 31. Для чего предусматривают на короткозамыающем кольце ротора штыри или пазы? **Ответ:** для размещения балансировочных грузиков.

Вопрос 2. 32. Какие пазы имеет сердечник фазного ротора асинхронного двигателя?
Ответ:
– полузакрытые овальные (h ≤ 225мм);
– полузакрытые прямоугольные (h > 225 мм).

Вопрос 2. 33. В чем состоит проверка механической прочности зубцов магнитопровода ротора?
Ответ: рассчитывается напряжение растяжения от центробежной силы собственного веса зубца, веса обмотки и изоляции, лежащих в пазу.

Вопрос 2. 34. Запишите критерий (условие) достаточной механической прочности зубцов магнитопровода ротора.
Ответ: σ < 0,7×120 МПа, где σ – механическое напряжение растяжения от центробежной силы собственного веса зубца, веса обмотки и изоляции, лежащих в пазу.

Вопрос 2. 35. В чем состоит проверка механической прочности магнитопровода ротора?
Ответ: рассчитывается напряжение растяжения от центробежных сил для минимального сечения ярма (сечения, ослабленного шпоночной канавкой и вентиляционными отверстиями).

Вопрос 2. 36. Запишите критерий (условие) достаточной механической прочности магнитопровода ротора.
Ответ: σ < 0,7×120 МПа, где σ – механическое напряжение растяжения от центробежных сил для сечения ярма, ослабленного шпоночной канавкой и вентиляционными отверстиями.
Вопрос 2. 37. В чем состоит проверка механической прочности призматической шпонки ротора? **Ответ:** рассчитывается механическое напряжение смятия.

Вопрос 2. 38 .Запишите критерий достаточной механической прочности призматической шпонки ротора.
Ответ: σ < 0,7×150 МПа, где σ – механическое напряжение смятия шпонки.

Вопрос 2. 39. В чем состоит проверка механической прочности кольцевой шпонки ротора?
Ответ: рассчитывается напряжение на срез под действием упругости пакета магнитопровода и соответственно усилия сдвига вдоль оси ротора.

Вопрос 2. 40. Запишите критерий (условие) достаточной механической прочности кольцевой шпонки ротора.
Ответ: τ **<** 0.7×60 МПа, где τ – механическое напряжение на срез кольцевой шпонки от усилия сдвига вдоль оси ротора под действием упругости пакета магнитопровода.

Вопрос 2. 41. В чем состоит назначение бандажей и клиньев обмотки ротора электрической машины?
Ответ: предотвратить перемещение в радиальном направлении обмотки ротора под действием центробежных сил.

Вопрос 2. 42. Какой материал применяется для бандажей лобовых частей обмотки ротора? **Ответ:** проволока или стеклолента.

Вопрос 2. 43. У каких электрических машин и для каких пазов используются клинья крепления активной части обмотки ротора?
Ответ: у асинхронных, у машин постоянного тока при открытых и полузакрытых пазах.

Вопрос 2. 44. Какие материалы применяются для клиньев крепления активной части обмотки ротора?
Ответ: гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, дерево (бук, клен, ясень), алюминий.

Вопрос 2. 45. Преимущества применения бандажей пазовых частей обмотки ротора (якоря). **Ответ:** позволяет уменьшить высоту зубца ротора, что уменьшает магнитное напряжение зубцов и потери при их перемагничивании.

Вопрос 2. 46. Когда для бандажей пазовых частей обмотки ротора (якоря) применяется стальная немагнитная проволока?
Ответ: при частотах перемагничивания более 50 Гц и в напряженных по коммутации электрических машинах.

Вопрос 2. 47. В чем состоит механический расчет бандажа из стальной проволоки?
Ответ: рассчитывается число витков бандажа с учетом допустимого напряжения растяжения для стальной бандажной проволоки.

Вопрос 2. 48. Назовите допустимое напряжение растяжения для стальной бандажной проволоки. **Ответ:** $\sigma_{доп}$ = 450 МПа.

Вопрос 2. 49. Как укрепляются бандажи из стальной проволоки, располагаемые на сердечнике?
Ответ: для укрепления по ширине применяют скрепки из белой жести шириной 8–15 мм. припаиваемые оловянным припоем.
Вопрос 2. 50. Как изолируется проволочный бандаж от обмотки якоря?
Ответ: подкладывают миканит толщиной 0,3 – 0,4 мм.

Вопрос 2. 51. В чем состоит механический расчет бандажа из стеклоленты?
Ответ: рассчитывается число витков бандажа с учетом допустимого напряжения растяжения в зависимости от класса нагревостойкости.

Вопрос 2. 52. Назовите допустимое напряжение растяжения бандажа из стеклоленты для классов нагревостойкости В и F.
Ответ:
$\sigma_{доп}$ = 150 МПа – класс нагревостойкости В;
$\sigma_{доп}$ = 130 МПа – класс нагревостойкости F.

Вопрос 2. 53. Назовите глубину бандажных канавок на сердечнике якоря (ротора) для размещения бандажа из стеклоленты. **Ответ:** 2 – 3,5 мм.

Вопрос 2. 54. Какие расчеты проводят при механическом расчете клиньев открытого паза ротора электрической машины? **Ответ:** расчеты на изгиб и на срез.

Вопрос 2. 55. Назовите допустимое напряжение на изгиб клина открытого паза ротора из гетинакса и из текстолита.
Ответ: $\sigma_{доп}$ = 20 МПа – гетинакс; $\sigma_{доп}$ = 35 МПа – текстолит.

Вопрос 2. 56. Назовите допустимое напряжение на изгиб дерева поперек и вдоль волокон для клина открытого паза ротора.
Ответ: $\sigma_{доп}$ = 8 МПа – поперек волокон; $\sigma_{доп}$ = 4 МПа – вдоль волокон .

Вопрос 2. 57. Назовите допустимое напряжение на срез клина открытого паза ротора из гетинакса и из текстолита.
Ответ: $\tau_{доп}$ = 10 МПа – гетинакс; $\tau_{доп}$ = 15 МПа – текстолит.

Вопрос 2. 58. Назовите допустимое напряжение на срез клина из дерева поперек и вдоль волокон для открытого паза ротора.
Ответ: $\tau_{доп}$ = 4 МПа – поперек волокон; $\tau_{доп}$ = 2 МПа – вдоль волокон.

Вопрос 2. 59. Материал контактных колец электрических машин.
Ответ: сталь, чугун, латунь, медь.

Вопрос 2. 60. Назначение контактных колец в синхронных и асинхронных электрических машинах.
Ответ:
в синхронных – для подключения обмотки возбуждения к возбудителю (два);
в асинхронных – для подключения, в частности, пускового реостата к обмотке ротора (три).

Вопрос 2. 61. Расположение контактных колец в электрической машине.
Ответ: между магнитопроводом ротора и подшипниковым щитом на валу;
за подшипниковым щитом на валу.

Вопрос 2. 62. В чем состоит механический расчет контактных колец электрической машины?
Ответ: рассчитывается механическое напряжение растяжения в сечении, ослабленном отверстием шпильки, под действием центробежной силы кольца.

Вопрос 2. 63. Допустимое напряжение растяжения в контактном кольце из стали и из латуни. **Ответ:** $\sigma_{доп} < 150$ МПа – из стали; $\sigma_{доп} < 75$ МПа – из латуни.

Вопрос 2. 64. От чего зависит и чему равен предельный диаметральный износ контактных колец электрических машин?
Ответ: зависит от наружного диаметра контактного кольца: 8 мм. – для кольца диаметром до 100 мм. 12 мм. – для кольца диаметром 100 – 250 мм. 16 мм. – для кольца диаметром свыше 250 мм.

Вопрос 2. 65. Какому месту возможного расположения контактных колец отдается предпочтение и почему? **Ответ:** располагают на валу электрической машины за подшипниковым щитом,что позволяет выполнить оба подшипниковых щита одинаковыми и устранить опасность попадания на обмотки щеточной пыли.

Вопрос 2. 66. Для чего наружный диаметр контактных колец принимают меньше наружного диаметра подшипника качения?
Ответ: чтобы коробка контактных колец и подшипниковый щит электрической машины могли быть сняты при разборке без предварительного съема контактных колец с вала.

Вопрос 2. 67. Назовите способы крепления пластин коллекторов.
Ответ: нажимными конусными фланцами и конструкционной пластмассой.

Вопрос 2. 68. Из какого материала изготовляются пластины коллектора?
Ответ: из твердотянутой меди трапецеидального сечения толщиной 3 ÷ 15 мм.

Вопрос 2. 69. Как изолируют коллекторные пластины друг от друга?
Ответ: прокладками из специального коллекторного миканита толщиной 0,8 ÷ 1,5 мм.

Вопрос 2. 70. Поясните арочную конструкцию коллектора.
Ответ: нажим конусных фланцев осуществляется только на ласточкины хвосты коллекторных пластин.

Вопрос 2. 71. Поясните клиновидную конструкцию коллектора.
Ответ: нажим конусных фланцев осуществляется на ласточкины хвосты и на концы коллекторных пластин.

Вопрос 2. 72. Какие конструкции имеют коллекторы, скрепляемые нажимными конусными фланцами , какой их них отдается предпочтение?
Ответ: арочные и клиновидные, наибольшее распространение получили арочные коллекторы, как более технологичные.

Вопрос 2. 73. Когда не рекомендуется применять затяжку нажимных конусных фланцев кольцевой гайкой и почему?
Ответ: в коллекторах с общей длиной более 200 мм. и при диаметрах свыше 200 ÷ 250 мм. в этом случае при нагреве пластин из–за температурной деформации происходит бочкообразный выгиб пластин.

Вопрос 2. 74. Как стягиваются нажимные конусные фланцы у коллекторов с большими диаметрами? **Ответ:** при диаметрах коллекторов свыше 200 ÷ 250 мм. стягиваются стальными шпильками.

Вопрос 2. 75. В чем состоит механический расчет консольной части коллекторной пластины коллектора с нажимными конусными фланцами?
Ответ: рассчитывается напряжение изгиба от совместного действия центробежной силы консольной части и радиальной составляющей силы арочного распора.

Вопрос 2. 76. Назовите допустимое напряжение на изгиб консольной части пластины медного коллектора с нажимными конусными фланцами. **Ответ:** $\sigma_к$ ≤120 МПа.

Вопрос 2. 77. Какой принимается величина радиального износа коллекторных пластин при механическом расчете? **Ответ:** (20 ÷ 40) % от высоты консольной части h_2.

Вопрос 2. 78. Чем вызывается напряжение изгиба в консольной части коллекторной пластины у коллектора с нажимными конусными фланцами.
Ответ: Центробежной силой консольной части и радиальной составляющей силы арочного распора.

Вопрос 2. 79. В чем состоит механический расчет хвостовой части коллекторной пластины коллектора с нажимными конусными фланцами?
Ответ: рассчитывается напряжение изгиба в сечении.

Вопрос 2. 80. Назовите допустимое напряжение на изгиб хвостовой части коллекторной пластины медного коллектора с нажимными конусными фланцами.
Ответ: $\sigma_х$ ≤120 МПа.

Вопрос 2. 81. Чем вызывается напряжение изгиба в хвостовой части коллекторной пластины у коллектора с нажимными конусными фланцами.
Ответ: центробежной силой всей коллекторной пластины и радиальной составляющей силы арочного распора с учетом боковой поверхности всей пластины.

Вопрос 2. 82. В чем состоит механический расчет миканитовых манжет у коллектора с нажимными конусными фланцами? **Ответ:** рассчитывается напряжение сжатия.

Вопрос 2. 83. Назовите допустимое напряжение сжатия миканитовых манжет у коллектора с нажимными конусными фланцами. **Ответ:** $\sigma_м$ ≤ 50 МПа.

Вопрос 2. 84. В чем состоит механический расчет болтов (шпилек) крепления коллекторных пластин у коллектора с нажимными конусными фланцами?
Ответ: рассчитывается напряжение растяжения $\sigma_Б$.

Вопрос 2. 85. Назовите допустимое напряжение растяжения стяжных болтов (шпилек).
Ответ: $\sigma_Б$ ≤ 300 МПа.

Вопрос 2. 86. В чем состоит механический расчет кольцевой гайки крепления коллекторных пластин у коллектора с нажимными конусными фланцами?
Ответ: рассчитывается напряжение на срез витков резьбы гайки от силы запрессовки.

Вопрос 2. 87. Назовите допустимое напряжение на срез витков резьбы кольцевой гайки у коллектора с нажимными конусными фланцами. **Ответ:** $\sigma_г$ ≤ 80 МПа.

Вопрос 2. 88. Как учитывают при механическом расчете коллектора возникновение при его нагреве дополнительных напряжений вследствие неодинакового расширения меди и стали? **Ответ:** механические напряжения умножаются на коэффициент 1,1 ÷ 1,2.

Вопрос 2. 89. В чем состоит механический расчет пластмассового кольца у коллектора на пластмассе?
Ответ: рассчитывается напряжение растяжения, вызванное радиальной деформацией.

Вопрос 2. 90. Назовите допустимое напряжение растяжения пластмассового кольца коллектора на пластмассе.
Ответ: $\sigma_{пл}$ ≤ 20 МПа для пластмассы К6; $\sigma_{пл}$ ≤ 80 МПа для пластмассы АГ – 4с.

Вопрос 2. 91. Назовите допустимое напряжение среза хвостовой части медной пластины коллектора на пластмассе. **Ответ:** τ ≤ 120 МПа.

Глава 3
Вибрация и шум электрических машин.

Вопрос 3. 1. Для какого режима работы электрических машин устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума? **Ответ:** для режима холостого хода.

Вопрос 3. 2. Для какого диапазона мощности электрических машин устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума? **Ответ:** 0,25 ÷ 1000 кВт.

Вопрос 3. 3 Для каких значений номинальной частоты вращения электрических машин устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума? **Ответ:** до 4000 об. мин.

Вопрос 3. 4. Что принимают в качестве нормируемого параметра для оценки уровня шума электрических машин?
Ответ: средний уровень звука на расстоянии 1 м от контура электрических машин.

Вопрос 3. 5. На какие классы разделяются электрических машин в зависимости от требований к уровню шума? **Ответ:** 0, 1, 2, 3, 4.

Вопрос 3. 6. На электрических машинах какого назначения устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума?
Ответ: на электрических машинах общего и специального назначения.

Вопрос 3. 7. К какому классу относятся электрических машин общего назначения в соответствии с требованиями к их уровню шума? **Ответ:** к 1–му классу.

Вопрос 3. 8. Как изменяются допустимые уровни шума электрических машин в зависимости от частоты вращения? **Ответ:** чем больше частота вращения электрических машин, тем больше допустимый уровень шума.

Вопрос 3. 9. Как изменяются допустимые уровни шума электрических машин в зависимости от номинальной мощности?
Ответ: чем больше номинальная мощность электрических машин, тем больше допустимый уровень шума.

Вопрос 3. 10. На электрических машинах какого назначения устанавливаются ГОСТом допустимые уровни вибрации?
Ответ: на электрических машинах общего и специального назначения.

Вопрос 3. 11. Для какого диапазона массы электрических машин устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума? **Ответ:** от 0,25 до 2000 кг.

Вопрос 3. 12. Для какого диапазона номинальной частоты вращения электрических машин устанавливаются ГОСТом допустимые уровни шума?
Ответ: от 600 до 12000 об. мин.

Вопрос 3. 13. Что принято в качестве нормируемого параметра вибрации электрических машин?
Ответ: наибольшее из эффективных значений вибрационной скорости, измеренных для диапазона от рабочей частоты до 2000 Гц.

Вопрос 3. 14. Перечислите категории интенсивности вибрации электрических машин.
Ответ: N – нормальная, R – с повышенными требованиями, S – специальная.

Вопрос 3. 15. Назовите группы причин шума асинхронных двигателей.
Ответ: вентиляционные, механические, магнитные.

Вопрос 3. 16. Назовите группы причин вибрации асинхронных двигателей.
Ответ: механические, магнитные.

Вопрос 3. 17. Перечислите основные составляющие вентиляционного шума асинхронных двигателей.
Ответ:
– турбулентность охлаждающего газа;
– тональные звуки от периодических колебаний давления на отдельных участках
– вентиляционной сети и от встречи воздушного потока с препятствиями;
– тональные звуки, обусловленные резонансом тонкостенных деталей вентиляционного узла.

Вопрос 3. 18. Назовите основные причины шума у асинхронных двигателей (IP44, $2p$ = 4, $2p$ = 2). **Ответ:** вентиляционные и магнитные.

Вопрос 3. 19. Как влияют на шумообразование у вентиляторов с прямоугольными лопатками их размеры и угол наклона? **Ответ:** не влияют.

Вопрос 3. 20. Как влияет применение профильных лопаток вентилятора на уровень шума асинхронных двигателей? **Ответ:** уровень шума снижается на 4 ÷ 5 дБ.

Вопрос 3. 21. Как сказывается на уровне шума вентилятора уменьшение его наружного диаметра? **Ответ:** уровень шума снижается.

Вопрос 3. 22. От чего зависит интенсивность тональных звуков, возникающих при работе асинхронных двигателей (IP44)?
Ответ:
– от размеров и формы препятствий, искажающих воздушный поток;
– от скорости воздушного потока;
– от расстояния между кромками лопаток вентилятора и препятствиями;
– от соотношения размеров межлопаточных каналов и неподвижных препятствий.

Вопрос 3. 23. Каков "вклад" вентиляционной группы причин шума в тихоходных асинхронных двигателей малой и средней мощности? **Ответ:** невелик.

Вопрос 3. 24. Как скажется на шуме тихоходных асинхронных двигателей резонанс стального штампованного кожуха? **Ответ:** шум увеличится на 10 и более дБ.

Вопрос 3. 25. Назовите рекомендации по качеству поверхности кожуха и вентилятора с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ: поверхности должны быть гладкими, что уменьшит шум и потери на трение.

Вопрос 3. 26. Какой вентилятор имеет предпочтительное применение для асинхронных двигателей IP44, IC 0141?
Ответ: вентилятор с коническим диском и минимальной толщиной лопаток.

Вопрос 3. 27. Назовите рекомендации по наружному диаметру вентилятора асинхронных двигателей целью снижения вентиляционного шума.
Ответ: он должен быть минимально допустимым по условиям охлаждения и согласовываться с конструкцией асинхронных двигателей.

Вопрос 3. 28. Назовите рекомендацию для зазора между наружным диаметром вентилятора и внутренним диаметром цилиндрической части кожуха асинхронного двигателя с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ: не менее 10 % наружного диаметра вентилятора.

Вопрос 3. 29. Назовите рекомендации для выполнения входной решетки в кожухе асинхронных двигателей с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ:
– должна обладать минимальным аэродинамическим сопротивлением;
желательно в виде металлической сетки;
– иметь диаметр равный 0,75 – 0,90 внешнего диаметра вентилятора;
– иметь диаметр меньше наружного диаметра станины без ребер.

Вопрос 3. 30. Назовите рекомендацию для исключения резонанса кожуха асинхронных двигателей с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ: выполнить кожух литым из металла или из пластмассы.

Вопрос 3. 31. Назовите рекомендации для стальных штампованных кожухов с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ:
– должен состоять из двух отдельных частей (цилиндрической и конической;
– место соединения частей должно находиться на минимальном расстоянии от места крепления кожуха к щиту;
– отсутствие фланцев и изгибов у кромок кожуха.

Вопрос 3. 32. Назовите рекомендацию для выбора материала вентилятора тихоходных асинхронных двигателей при IP44, IC 0141 с целью снижения вентиляционного шума.
Ответ: выполнять литым из пластмассы.

Вопрос 3. 33. Назовите радикальные способы снижения вентиляционного шума асинхронных двигателей.
Ответ:
применение независимой вентиляции (с нереверсивным вентилятором с профильными лопатками); использование замкнутой системы водяного охлаждения;
применение в узкоспециализированных (например, лифтовых) асинхронных двигателей при IP23 двух вентиляторов меньшего диаметра; отказ от принудительной системы вентиляции и переход к естественной; использование звукопоглощающих покрытий; применение глушителей шума.

Вопрос 3. 34. Что понимается под мерой неуравновешенности вращающихся частей электрических машин?
Ответ: произведение массы уравновешивающего груза на радиус установки груза (г×мм.).

Вопрос 3. 35. Что такое удельная неуравновешенность вращающихся частей электрических машин?
Ответ: неуравновешенность, поделенная на массу ротора (мкм).

Вопрос 3. 36. Назовите отрицательные последствия наличия неуравновешенности у вращающегося ротора?
Ответ: недопустимые вибрации; преждевременное разрушение подшипниковых узлов; снижение точности механизмов, приводимых в действие двигателем.

Вопрос 3. 37. Назовите составляющие вибрационной скорости электрической машины.
Ответ:
– от наличия небаланса (неуравновешенности);
– от магнитных сил в воздушном зазоре;
– от погрешностей изготовления подшипниковых узлов.

Вопрос 3. 38. Назовите главную составляющую вибрационной скорости асинхронных двигателей. **Ответ:** от наличия небаланса ротора (неуравновешенности).

Вопрос 3. 39. Как повлияет на шум и вибрацию электрической машины замена подшипников качения на подшипники скольжения?
Ответ:
уровень подшипниковой составляющей шума может быть уменьшен до 20 дБ;
уровень вибрации уменьшается в 5 и более раз.

Вопрос 3. 40. Если сравнить шариковые и роликовые подшипники, то какие из них имеют меньше уровни шума и вибрации? **Ответ:** шариковые.

Вопрос 3. 41. Если сравнить шариковые и роликовые подшипники, то какие из них менее чувствительны к несоосности деталей подшипниковых узлов?
Ответ: шариковые.

Вопрос 3. 42. Как влияют на уровни шума и вибрации подшипников увеличение их диаметра и диаметра тел качения?
Ответ: чем больше диаметры подшипников и их тел качения, тем больше уровни шума и вибрации.

Вопрос 3. 43. Как влияет на уровни шума и вибрации шарикоподшипников их класс точности?
Ответ: переход на более высокие классы точности снижает уровни шума и вибрации.

Вопрос 3. 44. Какого класса точности применяют подшипники для электрических машин основного исполнения?
Ответ: шестого класса точности с нормальным радиальным зазором.

Вопрос 3. 45. По каким системам посадок монтируется подшипник на валу и в подшипниковом щите?
Ответ: на валу по системе отверстия, в подшипниковом щите по системе вала.
Вопрос 3. 46. Какие посадки подшипников являются наиболее благоприятными в электрических машинах?
Ответ: внутреннее кольцо – плотная посадка, наружное кольцо – скользящая с гарантированным зазором.

Вопрос 3. 47. Как влияет на уровни шума и вибрации подшипников несоосность посадочных мести?
Ответ: даже незначительные перекосы значительно увеличивают уровни шума и вибрации.

Вопрос 3. 48. Как можно уменьшить уровни магнитных шумов и вибраций в электрических машинах?
Ответ:
снижением радиальных усилий (рациональной геометрией и снижением электромагнитных нагрузок);
изменением соотношения собственных частот и частот возмущающих сил;
применением специальных средств гашения вибрации и шума (виброизоляция, динамические виброгасители, шумоподавляющие устройства).

Вопрос 3. 49. Каким должно быть число пазов сердечника ротора Z_2 для уменьшения радиальных сил в асинхронных двигателях?
Ответ: $Z_2 = Z_1 + 4 \times p$, где p – число пар полюсов обмотки статора; Z_1 – число пазов сердечника статора; сделать скос пазов на роторе.

Вопрос 3. 50. При какой величине скоса пазов получается наибольшее снижение шума в асинхронных двигателях?
Ответ: величина скоса пазов должна составлять 0.8 – 1,5 зубцового деления;
если $Z_1 > Z_2$, то скос пазов должен быть 0.8 – 1,5 зубцового деления сердечника ротора;
если $Z_2 > Z_1$, то скос пазов должен быть 0.8 – 1,5 зубцового деления статора сердечника.

Вопрос 3. 51. Какой должна быть величина воздушного зазора в асинхронных двигателях из соображений уменьшения радиальных сил?
Ответ: максимально допустимой по энергетическим показателям.
Вопрос 3. 52. Каким должен быть шаг двухслойной обмотки асинхронных двигателей из соображений уменьшения радиальных сил? **Ответ:** близким к ⅚ полюсного деления.

Вопрос 3. 53. Какие требования предъявляются к эксцентриситету воздушного зазора асинхронного двигателя из соображений уменьшения радиальных сил?
Ответ: должен быть минимально допустимым по условиям технологии изготовления асинхронного двигателя – не больше 10% радиального воздушного зазора.

Вопрос 3. 54. Какой должна быть форма пазов сердечников статора и ротора асинхронных двигателей из соображений уменьшения радиальных сил?
Ответ:
на сердечнике статора – полузакрытые пазы;
на сердечнике ротора – закрытые пазы с максимально допустимой высотой мостика по энергетическим соображениям.

Вопрос 3. 55. Какой материал целесообразно применять для станин асинхронных двигателей с пониженной вибрацией?
Ответ: литой чугун для асинхронных двигателей общепромышленного назначения.

Вопрос 3. 56. Какие требования предъявляются к прессовке сердечников статора и ротора для изменения соотношения собственных частот и частот возмущающих сил в асинхронных двигателях?
Ответ: прессовка при давлении не менее 4 ÷ 8 МПа и минимальном распушении листов сердечников.

Глава 4
Проектирование асинхронных двигателей общепромышленного назначения и основных модификаций.

Вопрос 4. 1. По каким параметрам выбирается высота оси вращения асинхронного двигателя?
Ответ:
с учетом номинальной полезной мощности $P_{2н}$; числа полюсов обмотки статора $2p$; степени защиты электрической машины IP; принимают ближайшее, стандартное.

Вопрос 4. 2. Как обосновывается внешний диаметр магнитопровода статора асинхронного двигателя? **Ответ:** по значению высоты оси вращения h.

Вопрос 4. 3. Как обосновывается внутренний диаметр магнитопровода статора асинхронного двигателя?
Ответ: по внешнему диаметру магнитопровода статора и коэффициенту k_D, отражающему соотношение между внутренним и наружным диаметрами сердечника статора в зависимости от числа полюсов обмотки статора (этот коэффициент меньше 1).

Вопрос 4. 4. Как определяется расчетная мощность асинхронного двигателя?
Ответ:

$$P' = \frac{p_2 \times k_E}{\eta \times cos\varphi} \;\; BA$$

где P_2 – номинальная полезная мощность, *Вт*; $k_E = f(Da,\ 2p)$ – отношение *эдс* к номинальному напряжению фазы; $\eta,\ cos\varphi = f(P2н,\ 2p,\ IP)$ – энергетические показатели при номинальной нагрузке.

Вопрос 4. 5. По каким параметрам могут быть предварительно выбраны энергетические показатели асинхронного двигателя?
Ответ: $\eta,\ cos\varphi = f(P_{2н},\ 2p,\ IP)$, т. е. по номинальной полезной мощности, по числу полюсов обмотки статора, по степени защиты электрической машины.

Вопрос 4. 6. Назовите энергетические показатели асинхронного двигателя.
Ответ: коэффициент полезного действия η; коэффициент мощности $cos\varphi$.

Вопрос 4. 7. Назовите электромагнитные нагрузки асинхронного двигателя.
Ответ: индукция в воздушном зазоре, B_δ; линейная нагрузка, A.

Вопрос 4. 8. По каким параметрам выбираются электромагнитные нагрузки асинхронного двигателя?

Ответ: B_δ, $A = f(D_a,\ 2p,\ IP)$ с учетом класса нагревостойкости изоляционных материалов, т. е. по величине внешнего диаметра сердечника статора, по числу полюсов обмотки статора, по степени защиты электрической машины.

Вопрос 4. 9. Назовите примерные значения индукция в воздушном зазоре асинхронного двигателя.
Ответ: менее 1 Тл, менее индукций в самых ненагруженных участках сердечников статора и ротора.

Вопрос 4. 10. У каких обмоток статора асинхронного двигателя самое большое значение обмоточного коэффициента?
Ответ: у однослойных обмоток, они эквивалентны обмоткам с полным, (диаметральным) шагом.

Вопрос 4. 11. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя от его расчетной мощности?
Ответ: прямо пропорциональна расчетной мощности

$$L \equiv P'$$

Вопрос 4. 12. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя от внутреннего диаметра магнитопровода статора? **Ответ:** обратно пропорциональна квадрату внутреннего диаметра магнитопровода статора:

$$L_\delta \equiv \frac{1}{D^2}$$

Вопрос 4. 13. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя от электромагнитных нагрузок?
Ответ: обратно пропорциональна произведению электромагнитных нагрузок:

$$L_\delta \equiv \frac{1}{A \times B_\delta}$$

Вопрос 4. 14. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя от обмоточного коэффициента обмотки статора?
Ответ: обратно пропорциональна обмоточному коэффициенту обмотки статора:

$$L_\delta \equiv \frac{1}{k_{\text{об}1}}$$

Вопрос 4. 15. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя от числа полюсов обмотки статора?
Ответ:

$$L_\delta \equiv 2p \equiv P' \qquad L_\delta \equiv \frac{1}{\Omega} = \frac{1}{2 \times \pi \times \dfrac{f}{p}} = \frac{p}{2 \times \pi \times f}$$

т. е. прямо пропорциональна числу полюсов обмотки статора, а значит обратно пропорциональна частоте вращения асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 16. Как проверяется правильность выбора главных размеров асинхронного двигателя?
Ответ: расчетом $\lambda = L_\delta / \tau$ и сравнением с диапазоном рекомендуемого значения, где L_δ – расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора), τ – полюсное деление сердечника статора.

Вопрос 4. 17. По каким параметрам определяется правильность выбора главных размеров асинхронного двигателя?
Ответ: $\lambda = f\,(2p, h, IP)$, т. е. от числа полюсов обмотки статора (от частоты вращения ротора), от высоты вращения, от степени защиты.

Вопрос 4. 18. Как зависит расчетная длина сердечника статора (расчетная длина воздушного зазора) от частоты тока питающей сети?
Ответ:

$$L_\delta \equiv \frac{1}{f} \qquad L_\delta \equiv \frac{1}{\Omega} = \frac{1}{2 \times \pi \times \frac{f}{p}} = \frac{p}{2 \times \pi \times f}$$

т. е. обратнопропоциональна частоте тока питающей сети.

Вопрос 4. 19. Что такое конструктивная длина сердечника статора асинхронного двигателя?
Ответ: $\lambda_{IP23} > \lambda_{IP44}$, т. е. расстояние между наружными торцевыми плоскостями сердечника.

Вопрос 4. 20. Что такое длина сердечника статора асинхронного двигателя?
Ответ: длина сердечника, образованная только электротехнической сталью, она может быть равной конструктивной длине сердечника статора.

Вопрос 4. 21. Когда сердечник статора асинхронного двигателя не имеет радиальных вентиляционных каналов?
Ответ: если длина сердечника статора не превышает 250÷300 мм.

Вопрос 4. 22. Когда расчетная длина магнитопровода статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) асинхронного двигателя равна его конструктивной длине и длине стали?
Ответ: если длина сердечника статора не превышает 250÷300 мм. и не делают радиальные вентиляционные каналы.

Вопрос 4. 23. Какую длину пакетов электротехнической стали делают у сердечников с радиальными вентиляционными каналами? **Ответ:** 40 – 60 мм.

Вопрос 4. 24. Назовите стандартную ширину радиальных вентиляционных каналов между пакетами стали в длинных сердечниках статора асинхронного двигателя?
Ответ: 10 мм.

Вопрос 4. 25. Чему равна окончательная расчетная длина магнитопровода статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) при величине радиального воздушного зазора менее 1,5 мм? **Ответ:** равна длине его стали.

Вопрос 4. 26. Чему равна окончательная расчетная длина сердечника статора (расчетная аксиальная длина воздушного зазора) при величине радиального воздушного зазора от 1,5 мм. и выше? **Ответ:**

$$L_\delta \approx L_1 - b'_к \times n_к$$

где b'к расчетная ширина радиального вентиляционного канала, $n_к$ – число радиальных вентиляционных каналов.

Вопрос 4. 27. От чего зависит расчетная ширина радиального вентиляционного канала между пакетами статора в длинных сердечниках статоров асинхронного двигателя?
Ответ: $b'_к = f(\delta)$, т. е. от величины радиального воздушного зазора (причем, чем больше воздушный зазор, тем меньше расчетная ширина радиального вентиляционного канала).

Вопрос 4. 28. Что такое конструктивная длина сердечника ротора асинхронного двигателя? **Ответ:** расстояние между торцевыми плоскостями сердечника.

Вопрос 4. 29. Что такое длина стали сердечника ротора асинхронного двигателя? **Ответ:** длина сердечника, образованная только электротехнической сталью, она может быть равной конструктивной длине сердечника ротора.

Вопрос 4. 30. Когда конструктивная длина сердечника ротора асинхронного двигателя равна длине его стали?
Ответ: если длина электротехнической стали сердечника не более 250 мм.

Вопрос 4. 31. Назовите величину отличия конструктивных длин сердечников статора и ротора в асинхронных двигателях больших габаритов?
Ответ: конструктивная длина сердечника ротора больше на 10 мм. (по 5 мм. в обе стороны).

Вопрос 4. 32. По каким параметрам определяется ориентировочное значение зубцового деления сердечника статора асинхронного двигателя с обмоткой из круглого провода?
Ответ: $t_{z1} = f(\tau, h)$, т. е. по значениям полюсного деления статора и высоты оси вращения асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 33. Назовите минимальное значение зубцового деления статора асинхронного двигателя с обмоткой из круглого провода? **Ответ:** 6 мм.

Вопрос 4. 34. По каким параметрам определяется ориентировочное значение зубцового деления магнитопровода статора асинхронного двигателя с обмоткой из прямоугольного провода?
Ответ: $t_{z1} = f(\tau, U_{\text{ном}})$, т. е. по значениям полюсного деления статора и номинального напряжения обмотки статора асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 35. Назовите минимальное значение зубцового деления статора асинхронного двигателя с обмоткой из прямоугольного провода? **Ответ:** 16 мм.

Вопрос 4. 36. Каким должно быть число пазов сердечника статора в асинхронном двигателе? **Ответ:** кратным числу фаз обмотки статора m.

Вопрос 4. 37. Каким должно быть число пазов на полюс и фазу (число катушек в катушечной группе) в обмотке статора асинхронного двигателя?
Ответ: в большинстве случаев целым, а если дробным в двухслойных обмотках, то со знаменателем дробности равным двум.

Вопрос 4. 38. Требования к окончательному значению зубцового деления магнитопровода статора асинхронного двигателя?
Ответ:
не должно выходить за рекомендуемые пределы более чем на 10%;
не должно быть менее 6 ÷ 7 мм. (при всыпной обмотке).

Вопрос 4. 39. Требования к числу эффективных проводников в пазу сердечника статора асинхронного двигателя?
Ответ: должно быть целым, четным (при двухслойной обмотке).

Вопрос 4. 40. Поясните соображения при определении числа эффективных проводников в пазу магнитопровода статора асинхронного двигателя от предварительного до окончательного?

Ответ: во первых, рассматривается вариант последовательного соединения катушечных групп фазы (a = 1) и если число эффективных проводников равно целому или очень к нему близкому, то выбор завершен; если нет, то необходимо подобрать такое значение числа параллельных ветвей, чтобы предварительное значение числа эффективных проводников, умноженное на a, стало целым или очень близким к нему.

Вопрос 4. 41. Как определяется окончательное число витков в фазе обмотки статора асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$w_1 = \frac{u_\text{п} \times z_1}{2 \times a \times m}$$

т. е. окончательное число эффективных проводников в пазу сердечника статора умножается на число его пазов и делится на двойное произведение числа параллельных ветвей и числа фаз.

Вопрос 4. 42. Как определяется окончательное значение линейной нагрузки асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$A = \frac{2 \times I_{1\text{ном}} \times w_1 \times m}{\pi \times D}$$

т. е. номинальное значение тока фазы обмотки статора умножается на двойное произведение числа витков фазы и числа фаз (вследствие этого получаем величину суммарного тока во всех эффективных проводниках обмотки статора), а затем делим на длину окружности диаметром, равным внутреннему диаметру сердечника статора.

Вопрос 4.43. Как определить окончательное значение амплитуды магнитного потока асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$\Phi = \frac{k_E \times U_{1\text{ном}}}{4 \times k_B \times w_1 \times k_{\text{об1}}. \times f_1}$$

т. е. умножением номинального напряжения фазы обмотки статора на коэффициент k_E определяется ЭДС фазы, которая делится на четырехкратное произведение коэффициента формы кривой поля (для основной гармоники, равного 1,11), числа витков фазы, обмоточного коэффициента, частоты питающего напряжения.

Вопрос 4. 44. От чего зависит значение обмоточного коэффициента 1–слойной обмотки статора асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$k_{\text{об1}} = k_p$$

т. е. $k_{\text{об1}} = f(q_1, \gamma)$, обмоточный коэффициент однослойной обмотки равен коэффициенту распределения обмотки, т. к. однослойная обмотка эквивалентна обмотке с полным (диаметральным) шагом, поэтому обмоточный коэффициент зависит от числа пазов на полюс и фазу (от числа катушек в катушечной группе) и от порядка гармоники поля.

Вопрос 4. 45. От чего зависит значение обмоточного коэффициента 2–слойной обмотки статора асинхронного двигателя?
Ответ: $k_{об1} = k_p \cdot k_y$, т. к. $k_р = f(q_1, \gamma)$, а $k_y = f(\beta)$, то обмоточный коэффициент 2–слойной обмотки зависит от числа пазов на полюс и фазу (от числа катушек в катушечной группе), от порядка гармоники поля и от укорочения шага обмотки.

Вопрос 4. 46. Назовите требования к окончательному значению индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя?
Ответ: не должно выходить за рекомендуемые пределы более чем на ± 5 %.

Вопрос 4. 47. Что необходимо предпринять, если окончательное значение индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя недопустимо выходит за рекомендуемые пределы?
Ответ: принять другое число эффективных проводников в пазу, в результате чего скорректировать число витков в фазе, амплитуду магнитного потока и, следовательно, индукцию в воздушном зазоре асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 48. Как определяется предварительная плотность тока в обмотке статора асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$J_1 = \frac{A \times J_1}{A}$$

где $(A \times J_1) = f(D_a, 2p, IP)$, т. е. путем деления предварительного значения произведения линейной нагрузки на плотность тока на уточненное значение линейной нагрузки, а названное произведение линейной нагрузки на плотность тока определяется по наружному диаметру магнитопровода статора, числу полюсов обмотки статора, степени защиты асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 49. Как определяется предварительное сечение эффективного проводника обмотки статора асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$q_{1эф} = \frac{I_{1ном}}{a \times J_1}$$

т. е. делением номинального тока фазы на произведение числа параллельных ветвей и предварительной плотности тока в обмотке статора.

Вопрос 4. 50. Чему равно предельное значение диаметра изолированного провода обмотки статора современных асинхронных двигателей при механизированной укладке? **Ответ:** не более 1,4 мм.

Вопрос 4. 51. Чему равно предельное значение диаметра изолированного провода обмотки статора современных асинхронных двигателей при ручной укладке?
Ответ: не более 1,7 мм.

Вопрос 4. 52. Назовите предельное число элементарных проводников в эффективном всыпной обмотки статора современных асинхронных двигателей? **Ответ:** не более 6÷8.

Вопрос 4. 53. Как определяется окончательная плотность тока всыпной обмотки статора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$J_1 = \frac{I_{1ном}}{a \times n_{1эл} \times q_{эл}}$$

т. е. делением номинального тока фазы на число параллельных ветвей и сечение эффективного проводника (произведение числа элементарных проводников в эффективном и сечения элементарного проводника).

Вопрос 4. 54. На что оказывает более существенное влияние плотность тока во всыпной обмотке статора асинхронных двигателей общепромышленного назначения?
Ответ: на нагрев обмотки статора влияет сильнее, чем на коэффициент полезного действия.

Вопрос 4. 55. Какой величиной ограничивается сечение элементарного прямоугольного проводника обмотки статора асинхронных двигателей?
Ответ: не более 17÷20 мм^2.

Вопрос 4. 56. Какой величиной ограничивается сечение эффективного прямоугольного проводника обмотки статора асинхронных двигателей?
Ответ: не более 35÷40 мм^2.

Вопрос 4. 57. От каких параметров зависят значения рекомендуемых индукций в участках магнитной цепи статора и ротора асинхронных двигателей?
Ответ: $B = f(2p, IP)$, т. е. от числа полюсов обмотки статора (от частоты вращения ротора) и степени защиты асинхронных двигателей.

Вопрос 4. 58. По каким параметрам определяют предварительные размеры зубцовой зоны статора асинхронного двигателя с обмоткой из прямоугольного провода?
Ответ: по индукциям в ярме, в минимальном сечении зубца (или в сечении на 1/3 высоты зубца от внутренней поверхности сердечника статора).

Вопрос 4. 59. Назовите значение коэффициента заполнения сталью сердечника статора асинхронного двигателя при изолировке листов оксидированием.
Ответ: k_{c1} = 0,97.

Вопрос 4. 60. Назовите значение коэффициента заполнения сталью сердечника статора асинхронного двигателя при изолировке листов лакированием. **Ответ:** $k_{c1}=0,95$.

Вопрос 4. 61. Чему равно предельное значение меньшего размера прямоугольного провода многовитковых катушек обмотки статора асинхронного двигателя?
Ответ: а $\leq 2,5 \div 3,0$ мм.

Вопрос 4. 62. Для чего ограничивается меньший размер прямоугольного провода многовитковых катушек обмотки статора асинхронного двигателя?
Ответ: чтобы не проявлялся эффект вытеснения тока.

Вопрос 4. 63. Как определяются предварительные размеры паза для обмотки статора из прямоугольного провода?
Ответ: предварительная глубина паза магнитопровода статора определяется как разность полуразности внешнего и внутреннего диаметров магнитопровода с высотой ярма; предварительная ширина паза магнитопровода статора определяется как разность зубцового деления магнитопровода статора и минимальной ширины зубца.

Вопрос 4. 64. Как определяется предварительная ширина прямоугольного провода обмотки статора?
Ответ: в зависимости от числа элементарных проводников в эффективном:
если $n_{эл}$ = 1, то $b' = b'_{п} - \Delta_{из}$;
если $n_{эл}$ = 2, то $b' = 0{,}5 \times (b'_{п} - \Delta_{из})$.
т. е. при одном элементарном проводнике в эффективном как разность предварительной ширины паза и суммарной толщины изоляции по ширине паза; при двух элементарных проводниках в эффективном как половина разности предварительной ширины паза и суммарной толщины изоляции по ширине паза.

Вопрос 4. 65. Какую конфигурацию пазов статора современных асинхронных двигателей наиболее часто используют с обмоткой из круглого провода?
Ответ: трапецеидальные и грушевидные. Трапецеидальные пазы (зубцы имеют параллельные стенки) имеют преимущество вследствие лучшего использования электротехнической стали зубцовой зоны.

Вопрос 4. 66. По каким параметрам определяют предварительные размеры зубцовой зоны сердечника статора асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода?
Ответ: по индукциям в ярме и зубце.

Вопрос 4. 67. Назовите высоту шлица паза сердечника статора современных асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода? **Ответ:** $h_{ш}$ = 0,5÷1,0 мм.

Вопрос 4. 68. Какими соображениями руководствуются при обосновании высоты шлица паза статора современных асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода?
Ответ: она должна быть достаточной для обеспечения механической прочности кромок зубцов; чем она больше, тем больше поток рассеяния паза.

Вопрос 4. 69. Какой должна быть ширина шлица паза статора современного асинхронного двигателя при укладке всыпной обмотки вручную?
Ответ: $b_{ш} = d_{из}$ + (1,5÷2,0) мм. где $d_{из}$ – диаметр изолированного элементарного провода, мм.

Вопрос 4. 70. По какому параметру выбирается высота шлица паза статора современных асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода?
Ответ: $h_{ш} = f\,(P_{2н})$, т. е. по номинальной мощности асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 71. Как зависит ширина шлица паза статора от технологии укладки обмотки?
Ответ: при механизированной укладке она больше, чем при укладке вручную.

Вопрос 4. 72. Назовите диапазон средних значений ширины шлица паза статора современных асинхронных двигателей со всыпной обмоткой. **Ответ:** 1,8 ÷ 4,0 мм.

Вопрос 4. 73. Как определить коэффициент заполнения паза статора асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода?
Ответ:

$$k_{з} = \frac{d_{из}^2 \times u_{п} \times n_{эл}}{S_{п}}$$

т. е. отношение площади, занимаемой в пазу изолированными элементарными проводниками, принимая площадь одного элементарного проводника, как квадрат его

диаметра, к площади паза "в свету" (площадь паза в штампе за вычетом ее уменьшения от расшихтовки и размещения корпусной и междуслойной изоляции).

Вопрос 4. 74. Назовите диапазон значений коэффициента заполнения паза статора современных двухполюсных асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода. **Ответ:** 0,69 ÷ 0,71.

Вопрос 4. 75. Назовите диапазон значений коэффициента заполнения паза статора современных асинхронных двигателей (кроме двухполюсных) с обмоткой из круглого провода. **Ответ:** 0,72 ÷ 0,74.

Вопрос 4.76. Поясните свои соображения выхода из ситуации, когда коэффициент заполнения паза статора асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода мал. **Ответ:** необходимо уменьшить площадь паза "в свету": увеличением высоты ярма или увеличением ширины зубца; или одновременным увеличением высоты ярма и ширины зубца; если после выше названных мер коэффициент заполнения паза обеспечен, но значения индукций в ярме и зубце малы (не соответствуют рекомендациям), то необходимо уменьшать расчетную длину воздушного зазора или высоту оси вращения асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 77. Поясните свои соображения выхода из ситуации, когда коэффициент заполнения паза статора асинхронных двигателей с обмоткой из круглого провода велик. **Ответ:** необходимо увеличить площадь паза "в свету": уменьшением высоты ярма и ширины зубца; уменьшить площадь, занимаемую проводниками обмотки: уменьшением числа элементарных проводников в эффективном при увеличении сечения элементарного проводника (или уменьшении числа параллельных ветвей обмотки), сохраняя неизменной плотность тока; если после выше названных мер коэффициент заполнения паза по– прежнему велик, то необходимо увеличить расчетную длину воздушного зазора или высоту оси вращения асинхронного двигателя.

Вопрос 4. 78. Какое влияние величины воздушного зазора асинхронного двигателя на его энергетические характеристики? **Ответ:** во многом определяют значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности.

Вопрос 4. 79. По какому критерию оптимизируют величину воздушного зазора современных асинхронных двигателей? **Ответ:** во многом определяют значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности.

Вопрос 4. 80. По каким параметрам определяется графически величина воздушного зазора современных асинхронных двигателей?
Ответ: $\delta = f\ (D, 2p, h)$, т. е. по значениям внутреннего диаметра сердечника статора, числа полюсов обмотки статора, высоты оси вращения.

Вопрос 4. 81. На чем основывается выбор числа витков в фазе всыпной обмотки ротора асинхронных двигателей?
Ответ: по допустимому напряжению на контактных кольцах ротора при пуске.

Вопрос 4. 82. Как рассчитать предварительное число витков в фазе всыпной обмотки ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$w_2 = \frac{E_2}{U_{1\text{ном}}} \times w_1$$

т. е. умножением отношения ЭДС в фазе обмотки ротора при пуске (s = 1) к номинальному напряжению фазы обмотки статора на число витков в фазе обмотки статора.

Вопрос 4. 83. Каким должно быть число эффективных проводников в пазу ротора асинхронного двигателя при всыпной обмотке?
Ответ: целым, а при двухслойной обмотке ещё и четным.

Вопрос 4. 84. В чем заключаются особенности определения числа витков в фазе двухслойной стержневой обмотки ротора асинхронных двигателей по сравнению с всыпной обмоткой? **Ответ:** без предварительного выбора допустимой ЭДС в фазе обмотки ротора при пуске (s = 1); допустимое напряжение на контактных кольцах ротора должно быть не более 800 ÷ 1000 В.

Вопрос 4. 85. Как определить окончательное число витков в фазе всыпной обмотки ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$w_2 = u_{п2} \times p_2 \times q_2$$

т. е. умножением числа эффективных проводников в пазу ротора, числа пар полюсов обмотки ротора, числа пазов на полюс и фазу ротора.

Вопрос 4. 86. Как определяется предварительно ток в обмотке фазного ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$I_2 = k_i \times I_1 \times \gamma_i$$

где k_i учитывает влияние тока намагничивания на I_1/I_2; γ_i – коэффициент приведения токов; I_1 – ток фазы обмотки статора.

Вопрос 4. 87. Как определяется коэффициент приведения токов для асинхронных двигателей с фазным ротором? **Ответ:**

$$\gamma_i = \frac{m_1 \times w_1 \times k_{об1}}{m_2 \times w_2 \times k_{об2}}$$

Вопрос 4. 88. Как определяется предварительно сечение эффективных проводников обмотки фазного ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$q_{эф2} = \frac{I_2}{J_2}$$

где I_2 – ток фазы обмотки ротора; J_2 – плотность тока в обмотке ротора (в зависимости от типа обмотки и класса нагревостойкости изоляции).

Вопрос 4. 89. Назовите интервал, в котором находится плотность тока катушечной обмотки фазного ротора современных асинхронных двигателей?
Ответ: J_2 = (5 ÷ 6,5) А/мм^2 (для классов нагревостойкости изоляции B и F).

Вопрос 4. 90. Назовите интервал, в котором находится плотность тока стержневой обмотки фазного ротора современных асинхронных двигателей?
Ответ: J_2 = (4,5 ÷ 5,5) А/мм^2 (для классов нагревостойкости изоляции B, F и H).

Вопрос 4. 91. Почему эффективные проводники прямоугольного сечения обмотки фазного ротора асинхронных двигателей не подразделяют на элементарные независимо от их размеров?
Ответ: т. к. не проявляется эффект вытеснения тока при номинальных режимах.

Вопрос 4. 92. Назовите конфигурацию паза сердечника фазного ротора асинхронных двигателей с катушечной обмоткой. **Ответ:** прямоугольные, открытые.

Вопрос 4. 93. Назовите конфигурацию паза фазного ротора асинхронных двигателей со стержневой обмоткой. **Ответ:** прямоугольные, полузакрытые с узким шлицем.

Вопрос 4.94. Требования к числу фаз, полюсов обмотки фазного ротора для нормальной работы асинхронных двигателей.
Ответ: $m_2 = m_1$, $p_2 = p_1$, т. е. равенство числа фаз и числа полюсов (пар полюсов) обмоток ротора и статора.

Вопрос 4. 95. Ширина паза сердечника фазного ротора асинхронного двигателя в сравнении с зубцовым делением. **Ответ:** $b_{п2} = (0{,}40 \div 0{,}45) \times t_{z2}$.

Вопрос 4.96. От каких параметров зависит выбор числа пазов короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей? **Ответ:** $z_2 = f(z_1, 2p$, наличие или отсутствие скоса пазов*)*, т. е. от числа пазов магнитопровода статора, числа полюсов обмотки статора, от наличия или отсутствия скоса пазов.

Вопрос 4. 97. Как определяется предварительно ток в стержне короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$I_2 = k_i \times I_1 \times \nu_i$$

где k_i – коэффициент, учитывающий влияние тока намагничивания на отношение I_1/I_2; I_1 – ток обмотки статора; ν_i – коэффициент приведения токов.

Вопрос 4. 98. Как определяется коэффициент приведения токов при короткозамкнутом роторе асинхронного двигателя? **Ответ:**

$$\gamma_i = \frac{m_1 \times w_1 \times k_{об1}}{m_2 \times w_2 k_{ск}} = \frac{2 \times m_1 \times w_1 \times k_{об1}}{z_2 \times k_{ск}}$$

т. к. $m_2 = z_2$, $w_2 = {}^1/_2$ при наличии скоса пазов.

Вопрос 4. 99. Как определяется предварительное сечение стержней короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$q_c = \frac{I_2}{J_2}$$

где I_2 – ток в стержне; J_2 – плотность тока в стержне.

Вопрос 4. 100. Назовите диапазон плотности тока в стержне литой короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей при исполнении IP44.
Ответ: $(2{,}5 \div 3{,}5)$ А/мм^2.

Вопрос 4. 101. Назовите диапазон плотности тока в стержне литой короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей при исполнении IP23.
Ответ: (1,10 ÷ 1,15)(2,5 ÷ 3,5) А/мм^2, т. е. на (10 ÷ 15) % больше, чем при исполнении IP44.

Вопрос 4. 102. Назовите диапазон плотности тока в стержне литой короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей при исполнении IP44.
Ответ: (2,5 ÷ 3,5) А/мм^2.

Вопрос 4. 103. Назовите диапазон плотности тока в медных стержнях короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей.
Ответ: (4 ÷ 8) А/мм^2.

Вопрос 4. 104. Как определить предварительно ток в кольце короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$q_{\text{кл}c} = \frac{I_{\text{кл}}}{J_{\text{кл}}}$$

где $I_{кл}$, $J_{кл}$ – ток и плотность тока в кольце короткозамкнутого ротора соответственно.

Вопрос 4. 105. Какой должна быть плотность тока в кольце короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей по сравнению с плотностью тока в стержне.
Ответ: (0,85 ÷ 0,90 × J_2, т. е. на (10 ÷ 15) % меньше, чем плотность тока в стержне.

Вопрос 4. 106. Почему плотность тока в кольце короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей должна быть меньше, чем в стержне?
Ответ: чтобы кольцо выполняло функцию радиатора; чтобы использовать эффект вытеснения тока в стержне.

Вопрос 4. 107. Какую форму сечения необходимо обеспечить кольцу сварной обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей?
Ответ: прямоугольное сечение.

Вопрос 4. 108. Какую высоту необходимо обеспечить кольцу сварной обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей?
Ответ: $h_{кл} = (1{,}10 \div 1{,}25)\ h_{п2}$, т. е. на (10 ÷ 25) % больше высоты паза сердечника ротора.

Вопрос 4. 109. Какое расположение необходимо обеспечить кольцу сварной короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных двигателей?
Ответ: кольцо не прилегает к торцу сердечника ротора.

Вопрос 4. 110. Какую форму сечения необходимо обеспечить кольцу литой обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей?
Ответ: сечение в виде неправильной трапеции.

Вопрос 4. 111. Какую высоту необходимо обеспечить кольцу литой обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей?
Ответ: $h_{кл} \geq h_{п2}$, т. е. не менее, чем на 20% больше высоты паза сердечника ротора.

Вопрос 4. 112. Какое расположение необходимо обеспечить кольцу литой обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей?
Ответ: кольцо прилегает большим основанием к торцу сердечника ротора.

Вопрос 4. 113. Для какого режима работы асинхронных двигателей проводят расчет магнитной цепи? **Ответ:** для режима холостого хода.

Вопрос 4. 114. От каких параметров и как зависит магнитное напряжение воздушного зазора? **Ответ:**

$$\text{т. к.}\, F_\delta = 2 \times \frac{B_\delta}{\mu_0} \times \delta \times k_\delta$$

то имеется прямо пропорциональная зависимость от индукции в воздушном зазоре B_δ, величины радиального воздушного зазора δ и коэффициента k_δ, зависящего от зубчатости внутренней поверхности магнитопровода статора и зубчатости наружной поверхности магнитопровода ротора (этот коэффициент больше единицы).

Вопрос 4. 115. От каких параметров и как зависит магнитное напряжение зубцовой зоны сердечников статора и ротора?
Ответ: т. к., например, $F_{z1} = 2 \cdot h_{z1} \cdot H_{z1}$, то имеется прямо пропорциональная зависимость от высоты зубца h_{z1} и напряженности в нём H_{z1}.

Вопрос 4. 116. Как определяется расчетная напряженность в зубцовой зоне статора и ротора при индукции более 1,8 Тл?
Ответ: по величине индукции B_z в зубце и коэффициенту k_{nx}, (с учетом того, что часть потока минует зубец и идёт через паз).

Вопрос 4. 117. Как определяется коэффициент насыщения зубцовой зоны асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$k_z = 1 + \frac{F_{z1} + F_{z2}}{F_\delta}$$

т. е. коэффициент насыщения зубцовой зоны магнитной цепи асинхронных двигателей превышает единицу на отношение суммы магнитных напряжений зубцовых зон сердечников статора и ротора к магнитному напряжению воздушного зазора.

Вопрос 4. 118. Что означает, если коэффициент насыщения зубцовой зоны асинхронных двигателей превышает 1,5 ÷1,6?
Ответ: чрезмерное насыщение зубцовой зоны.

Вопрос 4. 419. Что означает, если коэффициент насыщения зубцовой зоны асинхронных двигателей менее 1,2?
Ответ: зубцовая зона мало использована или слишком большой воздушный зазор.

Вопрос 4. 120. От каких параметров и как зависит магнитное напряжение ярм сердечников статора и ротора? **Ответ:** так как

$$F_a = L_a \times H_a \quad \text{и} \quad F_j = L_j \times H_j$$

то имеется прямо пропорциональная зависимость от длины силовой линии в ярме и напряженности поля в ярме.

Вопрос 4. 121. Как определяется суммарное магнитное напряжение магнитной цепи асинхронных двигателей на пару полюсов? **Ответ:**

$$F_ц = F_\delta + F_{z1} + F_{z2} + F_a + F_j$$

т. е., как сумма магнитных напряжений в воздушном зазоре, зубцах сердечников статора и ротора, ярмах сердечников статора и ротора.

Вопрос 4. 122. Как определяется коэффициент насыщения магнитной цепи асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$k_{\mu} = \frac{F_{ц}}{F_{\delta}}$$

т. е., как отношение магнитных напряжений всей магнитной цепи и воздушного зазора.

Вопрос 4. 123. От каких параметров и как зависит намагничивающий ток асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$I_{\mu} \approx \frac{p \times F_{ц}}{0{,}9 \times m_1 \times w_1 \times k_{об1}}$$

т. е. прямопропорционально от числа пар полюсов обмотки статора p, суммарного магнитного напряжения магнитной цепи на пару полюсов;
обратнопропорционально от числа фаз, витков фазы, обмоточного коэффициента обмотки статора.

Вопрос 4. 124. Для чего используется намагничивающий ток асинхронных двигателей в относительных единицах?
Ответ: как критерий правильности выбора и расчета размеров и обмотки асинхронных двигателей.

Вопрос 4. 125. От каких параметров и как зависят активные сопротивления фаз обмоток статора и фазного ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$r = \frac{\rho_v \times L}{q_{эф} \times a}$$

т. е. прямопропорционально от удельного активного сопротивления материала обмотки (провода) при температуре v, длины провода L с эффективным сечением $q_{эф}$; обратнопропорционально сечению эффективного провода $q_{эф}$ и числу параллельных ветвей обмотки статора a.

Вопрос 4. 126. От каких параметров и как зависят индуктивные сопротивления рассеяния фаз обмоток статора и фазного ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$x = 15{,}8 \times \frac{f}{100} \times (\frac{w}{100})^2 \times \frac{l_{\delta}}{p \cdot q} \times (\lambda_{п} + \lambda_{л} + \lambda_{д})$$

т. е. прямо пропорциональная квадратичная зависимость от числа витков фазы;
прямо пропорциональная зависимость от расчетной длины воздушного зазора, суммы коэффициентов магнитной проводимости пазового, лобового, дифференциального рассеяния; обратно пропорциональна я зависимость от пар полюсов, числа пазов на полюс и фазу обмотки статора.

Вопрос 4. 127. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния статора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость совокупности размеров паза по высоте, коэффициенту укорочения шага обмотки статора; обратно пропорциональна я зависимость совокупности размеров паза по ширине.

Вопрос 4. 128. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния статора асинхронных двигателей для номинального режима работы?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от числа пазов на полюс и фазу q (числа катушек в катушечной группе), длине лобовой части катушки (с учетом укорочения); обратнопропорционально расчетной длине воздушного зазора.

Вопрос 4. 129. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния статора и фазного ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$\lambda_{\text{д}} = \frac{t_z \times \xi}{12 \times \delta \times k_\delta}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от величины зубцового деления t_z и коэффициента ξ, зависящего в свою очередь: от числа пазов на полюс и фазу q, коэффициента укорочения шага обмотки β, отношений ширины шлица паза к величине зубцового деления $b_ш/t_z$, ширины шлица к величине воздушного зазора $b_ш/\delta$, отношения зубцового деления ротора к зубцовому делению статора, а также от величины скоса пазов в зубцовых делениях $\beta^*_{\text{ск}}$; обратно пропорциональна я зависимость от величины воздушного зазора δ и коэффициента k_δ, учитывающего наличие зубцов на внутренней поверхности сердечника статора и на наружной поверхности сердечника ротора.

Вопрос 4. 130. Какие составляющие имеет активное сопротивление фазы короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$r_2 = r_c + \frac{2 \times r_{\text{кл}}}{\Delta^2}$$

т. е. активное сопротивление стержня r_c и активное сопротивление двух участков короткозамыкающих колец между соседними стержнями.

Вопрос 4. 131. От каких параметров и как зависит активное сопротивление стержня короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$r_c = \frac{\rho_c \times l_c}{q_c}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от удельного электрического сопротивления материала обмотки короткозамкнутого ротора ρ_c, длины стержня l_c; обратно пропорциональна я зависимость от сечения стержня короткозамкнутой обмотки q_c.

Вопрос 4. 132. От каких параметров и как зависит активное сопротивление участка кольца между соседними стержнямиобмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$r_{кл} = \frac{\rho_{скл} \times \pi \times D_{клср}}{z_2 \times q_{кл}}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от удельного активного электрического сопротивления материала обмотки короткозамкнутого ротора $\rho_{кл}$, среднего диаметра кольца короткозамкнутой обмотки ротора $D_{клср}$; обратно пропорциональна я зависимость от числа пазов сердечника ротора z_2, сечения кольца короткозамкнутой обмотки ротора $q_{кл}$.

Вопрос 4. 133. От каких параметров и как зависит индуктивное сопротивление фазы обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$x_2 = 7{,}9 \times f_1 \times L'_\delta \times 10^{-6} \times \left(\lambda_п + \lambda_л + \lambda_д + \lambda_{ск}\right)$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от расчетной аксиальной величины воздушного зазора ℓ'_δ, от суммы коэффициентов магнитной проводимости пазового, лобового, дифференциального рассеяния и коэффициента проводимости от скоса пазов.

Вопрос 4. 134. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от совокупности размеров паза по высоте; обратно пропорциональна я зависимость от совокупности размеров паза по ширине.

Вопрос 4. 135. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$\lambda_{л2} = \frac{2{,}3 \times D_{кл.ср}}{z_2 \times L'_\delta \Delta^2} \times Lg\frac{4{,}7 \times D_{кл.ср}}{h_{кл} + 2 \times b_{кл}}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от среднего диаметра кольца короткозамкнутой обмотки ротора; обратно пропорциональна я зависимость от числа пазов сердечника ротора, расчетной аксиальной величины воздушного зазора ℓ'_δ, квадрата коэффициента приведения параметров короткозамыкающего кольца к параметрам стержня Δ^2.

Вопрос 4. 136. От каких параметров и как зависит коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$\lambda_{д2} = \frac{t_{z2} \times \xi}{12 \times \delta \times k_д}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от величины зубцового деления t_{z2} и коэффициента ξ, зависящего в свою очередь: от числа пазов на полюс и фазу q (при $z_2/p \geq 10$ можно принять $\xi = 1$; обратно пропорциональна я зависимость от величины воздушного зазора δ и коэффициента $k_д$.

Вопрос 4. 137. От каких параметров и как зависит коэффициент проводимости скоса рассеяния обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей для номинального режима работы? **Ответ:**

$$\lambda_{\text{ск}} = \frac{t_{z2} \times \beta_{\text{ск}}^2}{12 \times \delta \times k_\mu}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от величины зубцового деления t_{z2}; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от величины скоса;
обратно пропорциональна я зависимость от коэффициента, учитывающего наличие зубчатости на внутренней поверхности сердечника статора и внешней поверхности сердечника ротора и от коэффициента насыщения магнитной цепи.

Вопрос 4. 138. Величина индуктивного сопротивления взаимоиндукции асинхронных двигателей в относительных единицах. **Ответ:** $x_{12}^* = 2 \div 4$ о. е.

Вопрос 4. 139. Соотношение индуктивного сопротивления взаимоиндукции и индуктивного сопротивления рассеяния фазы обмотки статора асинхронных двигателей.
Ответ: примерно в 30 ÷ 40 раз больше, чем индуктивное сопротивление рассеяния.

Вопрос 4. 140. Почему основные потери в стали асинхронных двигателей рассчитываются только в сердечнике статора?
Ответ: т. к. в номинальном режиме работы частота перемагничивания сердечника ротора мала, составляет всего несколько *гц*.

Вопрос 4. 141. От каких параметров и как зависят основные потери в сердечнике статора асинхронных двигателей?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от величины удельных потерь $p_{1,0/50}$; от величин коэффициентов, учитывающих увеличения потерь в зубце и ярме от технологии изготовления магнитопровода статора; от масс зубцов и ярма; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от индукций в зубцах, ярме.

Вопрос 4. 142. Назовите составляющие добавочных потерь в стали асинхронных двигателей. **Ответ:** поверхностные, пульсационные.

Вопрос 4. 143. От каких параметров и как зависят поверхностные потери в сердечнике статора асинхронных двигателей?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от удельных поверхностных потерь, площади поверхности зубца со стороны воздушного зазора, количества зубцов.

Вопрос 4. 144. От каких параметров и как зависят удельные поверхностные потери в сердечниках асинхронных двигателей? **Ответ:**
прямо пропорциональная зависимость от коэффициента, учитывающего отсутствие или наличие обработки поверхности зубцов со стороны воздушного зазора k_o;
прямо пропорциональная зависимость в степени 1,5 от числа зубцов противоположной поверхности и частоты вращения ротора $(z \times n)^{1,5}$;
прямо пропорциональная квадратичная зависимость от амплитуды пульсации индукции на поверхности зубцов (в воздушном зазоре) и от величины зубцового деления противоположной поверхности $(B_0 z \times t_z)^2$.

Вопрос 4. 145. От каких параметров и как зависит амплитуда пульсации индукции в воздушном зазоре асинхронных двигателей?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от величины индукции в воздушном зазоре B_δ; коэффициента k_δ, учитывающего зубчатость наружной поверхности магнитопровода ротора и внутренней поверхности магнитопровода статора; от соотношения ширины шлица противоположной поверхности к величине воздушного зазора ($b_ш/\delta$).

Вопрос 4. 146. От каких параметров и как зависят пульсационные потери в зубцах сердечника ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**
прямо пропорциональная зависимость от массы зубцов ротора;
прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора, числа пазов сердечника статора и амплитуды пульсации индукции в среднем сечении зубцов сердечника ротора.

Вопрос 4. 147. От каких параметров и как зависят пульсационные потери в зубцах статора асинхронных двигателей? **Ответ:**
прямо пропорциональная зависимость от массы зубцов магнитопровода статора; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора, числа пазов сердечника ротора и амплитуды пульсации индукции в среднем сечении зубцов сердечника статора.

Вопрос 4. 148. От каких параметров и как зависит амплитуда пульсации индукции в среднем сечении зубцов сердечника ротора асинхронных двигателей?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от индукции в среднем сечении зубца сердечника ротора $B_{z2ср}$; коэффициента k_δ, учитывающего зубчатость наружной поверхности магнитопровода ротора и внутренней поверхности магнитопровода статора; от соотношения ширины шлица противоположной поверхности к величине воздушного зазора ($b_ш/\delta$).

Вопрос 4. 149. От каких параметров и как зависят пульсационные потери в зубцах ротора асинхронных двигателей? **Ответ:**
прямо пропорциональная зависимость от массы зубцов ротора; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора, числа пазов магнитопровода статора и амплитуды пульсации индукции в среднем сечении зубцов ротора.

Вопрос 4. 150. От каких параметров и как зависят пульсационные потери в зубцах статора асинхронных двигателей? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от массы зубцов магнитопровода статора; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора, числа пазов ротора и амплитуды пульсации индукции в среднем сечении зубцов статора.

Вопрос 4. 151. От каких параметров и как зависит амплитуда пульсации индукции в среднем сечении зубцов сердечника статора асинхронных двигателей?
Ответ:
прямо пропорциональная зависимость от индукции в среднем сечении зубцов сердечника статора $B_{z1ср}$; от величины воздушного зазора; от коэффициента, зависящего от соотношения ширины шлица сердечника статора и величины воздушного зазора; обратно пропорциональна я зависимость от величины зубцового деления сердечника статора.

Вопрос 4. 152. От каких параметров и как зависят электрические потери в любой обмотке асинхронных двигателей? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от массы зубцов магнитопровода статора; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора, числа пазов ротора и амплитуды пульсации индукции в среднем сечении зубцов статора.

Вопрос 4. 153. От каких параметров и как зависят электрические потери в щеточном контакте фазного ротора асинхронных двигателей?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от числа фаз обмотки ротора, от падения напряжения в щеточном контакте, от площади щеточного контакта всех щеток и котактных колец.

Вопрос 4. 154. От каких параметров и как зависят механические и вентиляционные потери в асинхронных двигателях с внешним обдувом? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от коэффициента k_T, зависящего от полюсности асинхронного двигателя; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора n^2; прямо пропорциональная, в четвертой степени, зависимость от наружного диаметра магнитопровода статора.

Вопрос 4. 155. От каких параметров и как зависят механические и вентиляционные потери в асинхронных двигателях с радиальной системой вентиляции?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от коэффициента k_T, зависящего от полюсности асинхронного двигателя; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора n^2; прямо пропорциональная , в третьей степени, зависимость от внутреннего диаметра магнитопровода статора.

Вопрос 4. 156. От каких параметров и как зависят механические и вентиляционные потери в асинхронных двигателях с аксиальной системой вентиляции? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от коэффициента k_T, зависящего от наружного диаметра магнитопровода статора; прямо пропорциональная квадратичная зависимость от частоты вращения ротора; прямо пропорциональная , в третьей степени, зависимость от наружного диаметра вентилятора.

Вопрос 4. 157. От каких параметров и как зависят потери на трение щеток о контактные кольца в асинхронных двигателях?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от коэффициента трения щетки о контактное кольцо $k_{тр}$, от удельного давления на щетку, от общей площади контактной поверхности щеток и колец, от линейной скорости поверхности контактных колец.

Вопрос 4. 158. Величина добавочных электрических потерь асинхронных двигателей при номинальной нагрузке.
Ответ: $0{,}005 \times P_{1\text{ном}}$, т. е. полпроцента от величины номинальной потребляемой активной мощности асинхронных двигателей.

Вопрос 4. 159. Величина добавочных электрических потерь асинхронных двигателей при неноминальной нагрузке. **Ответ:**

$$P_{\text{доб.ном}} \times \left(\frac{I_1}{I_{1\text{ном}}}\right)^2$$

т. е. это добавочные номинальные потери, умноженные на отношение фазного тока при неноминальной нагрузке и фазного тока при номинальной нагрузке во второй степени.

Вопрос 4. 160. От каких параметров и как зависит активная составляющая тока холостого хода асинхронных двигателей? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от потерь в стали, от механических и внтиляционных потерь, от электрических потерь в обмотке статора на холостом ходу; обратно пропорциональна я зависимость от числа фаз обмотки статора, от величины номинального фазного напряжения обмотки статора.

Вопрос 4. 161. Чему равна реактивная socталяющая тока холостого хода асинхронных двигателей? **Ответ:** $I_{\text{хх.р}} = I_{\mu}$, т. е. равна намагничивающему току.

Вопрос 4. 162. Перечислите методы расчета рабочих характеристик асинхронных двигателей. **Ответ:** аналитический; графический по круговой диаграмме; по круговой диаграмме аналитическим методом.

Вопрос 4. 163. Назовите диапазон для скольжения при аналитическом методе расчета рабочих характеристик асинхронных двигателей.
Ответ: $s \approx (0{,}2 \div 1{,}5)\ s_{ном}$, т. е. от двадцати до стопятидесяти процентов номинального скольжения.

Вопрос 4. 164. Назовите величину предварительного номинального скольжения при расчете аналитическим методом рабочих характеристик асинхронных двигателей.
Ответ: $\mathrm{s}_{\text{ном}} \approx \mathrm{r}_2^{'*}$, т. е. равна приведённому активному сопротивлению фазы обмотки ротора в относительных единицах.

Вопрос 4. 165. Как может быть определена реактивная составляющая тока синхронного холостого хода асинхронных двигателей?
Ответ: $I_{op} \approx I_{\mu}$, т. е. приблизительно равной намагничивающему току.

Вопрос 4. 166. Как может быть определена активная составляющая тока синхронного холостого хода асинхронных двигателей? **Ответ:**

$$I_{oa} = \frac{\mathrm{P}_{\text{ст.осн}} + m_1 \times I_{\mu}^2 \times r_1}{m_1 \times U_{1\text{ном}}}$$

т. е. сумма основных потерь в стали и электрических потерь в обмотке статора от протекания тока, равного намагничивающему току, делится на произведение числа фаз обмотки статора и фазного напряжения обмотки статора.

Вопрос 4. 167. Что происходит с активными и индуктивными сопротивлениями обмотки короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей при учете вытеснения тока?
Ответ: активное сопротивление увеличивается; индуктивное сопротивление уменьшается.

Вопрос 4. 168. Из–за уменьшения коэффициента какой магнитной проводимости рассеяния от эффекта вытеснения тока уменьшается индуктивное сопротивление обмотки ротора асинхронных двигателей?
Ответ: из–за уменьшения коэффициента пазовой магнитной проводимости рассеяния.

Вопрос 4. 169. Где в асинхронных двигателях может проявляться эффекта вытеснения тока? **Ответ:** в стержнях короткозамкнутого ротора.

Вопрос 4. 170. При каких наименьших скольжениях может проявляться эффекта вытеснения тока в стержнях короткозамкнутого ротора асинхронных двигателей? **Ответ:** при скольжениях больше номинального.

Вопрос 4. 171. При каких скольжениях учитывается влияние насыщения на параметры асинхронных двигателей?
Ответ: при скольжениях больше критического; в пусковых режимах.

Вопрос 4. 172. Что рассматривается сильно насыщенным при учете влияния насыщения на параметры асинхронных двигателей?
Ответ: коронки зубцов магнитопроводов статора и ротора.

Вопрос 4. 173. Коэффициенты каких магнитных проводимостей и как изменяются при влиянии насыщения на параметры асинхронных двигателей?
Ответ: коэффициенты магнитных проводимостей пазового и дифференциального рассеяний уменьшаются.

Вопрос 4. 174. Что происходит с током асинхронных двигателей при учете насыщения на его параметры?
Ответ: увеличивается.

Вопрос 4. 175. Какой может быть предполагаемая кратность увеличения тока асинхронных двигателей из–за насыщения зубцовой зоны в пусковых режимах?
Ответ: 1,25 ÷ 1,40.

Вопрос 4. 176. Какой величиной нормируется отличие предварительной и расчетной кратностей увеличения тока асинхронных двигателей из–за насыщения зубцовой зоны? **Ответ:** не более (10 ÷ 15)%.

Вопрос 4. 177. Чем характеризуются пусковые свойства асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором?
Ответ: $I_{п}^{*}$, $M_{п}^{*}$, M_{max}^{*}, M_{min}^{*}, т. е. значениями начального пускового тока, начального пускового момента, максимального момента, минимального момента в относительных единицах.

Вопрос 4. 178. Чем характеризуются пусковые свойства асинхронных двигателей с фазным ротором?
Ответ: M_{max}^{*}, т. е. максимальным моментом в относительных единицах.

Вопрос 4. 179. Перечислите методы расчета пусковых характеристик асинхронных двигателей. **Ответ:** с использованием ЭВМ; упрощенный (ручной).

Вопрос 4. 180. Какие допущения по параметрам схемы замещения асинхронных двигателей принимаются при расчете пусковых характеристик упрощенным методом?
Ответ: для $s \geq 0{,}1 \div 0{,}15$ $x_{12п} \approx x_{12} \cdot k_{\mu}$, т. е. индуктивное сопротивление взаимоиндукции в намагничивающей ветви при пуске равно номинальному значению, умноженному на коэффициент насыщения магнитной цепи асинхронных двигателей; $r_{12} \approx 0$, т. е. активным сопротивлением намагничивающей ветви в схеме замещения асинхронных двигателей пренебрегают.

Вопрос 4. 181. Диапазон изменения скольжения при расчете пусковых характеристик асинхронных двигателей общепромышленного назначения. **Ответ:** s = 0,1 ÷ 1,0.

Вопрос 4. 182. Каким принимается изменение кратности увеличения тока асинхронных двигателей из–за насыщения зубцовой зоны при расчете пусковых характеристик? **Ответ:** от $k_{нас}$ = 1 при I_1 < (1,5 ÷ 2,0) $I_{1ном}$ возрастает линейно по мере увеличения скольжения.

Вопрос 4. 183. Как определяется предварительно значение критического скольжения при расчете пусковых характеристик? **Ответ:**

$$s_{\text{кр}} \approx \frac{r_2'}{x_1/c_{1\text{п}} + x_2'}$$

Вопрос 4. 184. Назовите пять электрических модификации первого порядка двигателей серии АИ. **Ответ:**
с повышенным пусковым моментом;
с повышенным скольжением;
многоскоростные;
однофазные;
частотно–регулируемые.

Вопрос 4. 185. Назовите три модификации специализированных по конструкции двигателей серии АИ.
Ответ:
со встроенной температурной защитой;
со встроенным тормозом;
высокоточные.

Вопрос 4. 186. Назовите три модификации специализированных по условиям окружающей среды двигателей серии АИ.
Ответ:
тропические;
влагоморозостойкие;
химостойкие.

Вопрос 4. 187. Назовите три модификации узкоспециализированных исполнений двигателей серии АИ.
Ответ:
лифтовые;
для сельского хозяйства;
для морфлота (для атомных электростанций, крановые, для стиральных машин, для текстильной промышленности).

Вопрос 4. 188. Назовите нижнюю границу высоты оси вращения целесообразного применения двигателей защищенного исполнения серии АИ.
Ответ: h = 200 мм. для всех полюсностей.

Вопрос 4. 189. Перечислите преимущества защищенных асинхронных двигателей перед закрытыми машинами больших габаритов.
Ответ: по стоимости; по массе; по габаритам; по виброакустическим характеристикам.

Вопрос 4. 190. Чем обусловлен ряд преимуществ защищенных асинхронных двигателей перед закрытыми у машин больших габаритов?
Ответ: возможность прямого охлаждения активных частей асинхронных двигателей.

Вопрос 4. 191. Назовите основные системы вентиляции асинхронных двигателей со степенью защиты IP23.
Ответ: аксиальная; двухсторонняя радиальная; комбинированная.

Вопрос 4. 192. Что такое "критическая" длина сердечника статора асинхронных двигателей со степенью защиты IP23?
Ответ: длина, соответствующая предельно допустимой температуре, принятой для изоляционной системы.

Вопрос 4. 193. От чего зависит "критическая" длина сердечника статора асинхронных двигателей со степенью защиты IP23?
Ответ: от класса нагревостойкости изоляционной системы; от удельной тепловой нагрузки обмотки; от интенсивности охлаждения лобовых частей обмоток статора и ротора.

Вопрос 4. 194. Перечислите достоинства всыпных обмоток ротора перед стержневыми.
Ответ:
возможность увеличения напряжения на контактных кольцах ротора до линейного напряжения статора;
возможность уменьшения числа пазов сердечника ротора;
простота изготовления.

Вопрос 4. 195. Назовите верхний предел мощности асинхронных двигателей с фазным ротором для применения всыпных обмоток. **Ответ:** до 55 кВт.

Вопрос 4.196. Что дает повышение напряжения на контактных кольцах ротора до линейного напряжения статора при использовании всыпных обмоток у асинхронных двигателей с фазным ротором?
Ответ: позволяет снизить ток обмотки ротора; улучшить условия работы узла контактных колец; повысить надежность электрической машины.

Вопрос 4. 197. Что дает такое достоинство, как возможность уменьшения числа пазов сердечника ротора, при использовании всыпных обмоток вместо стержневых у асинхронных двигателей с фазным ротором?
Ответ: уменьшается расход изоляционных материалов; упрощается изготовление штампов.

Вопрос 4. 198. Назовите нормируемое значение критического скольжения у асинхронных двигателей с повышенным скольжением. **Ответ:** больше 30 %.

Вопрос 4. 199. Назовите возможные пути увеличения активного сопротивления обмотки ротора асинхронного двигателя с повышенным скольжением из соображения максимальной унификации с общепромышленным назначением.
Ответ:
применение алюминиевого сплава с повышенным удельным электрическим сопротивлением при сохранении геометрии магнитопровода ротора;
уменьшение сечения паза сердечника ротора при использовании чистого алюминия.

Вопрос 4. 200. Как реализуется возможное требование по номинальному скольжению у двигателей с повышенным скольжением серии АИ?
Ответ: подбором числа витков обмотки статора.

Вопрос 4. 201. Для привода каких механизмов предназначены асинхронные двигатели с повышенным скольжением?
Ответ: там, где требуются кратковременные большие вращающие моменты: молоты, прессы, ножницы и др.

Вопрос 4. 202. Для каких режимов работы предназначены двигатели с повышенным скольжением серии АИ?
Ответ: для продолжительного (S1), кратковременного (S2), повторно–кратковременного (S3), повторно–кратковременного с частыми пусками (S4), перемежающего (S5).

Вопрос 4. 203. Для какого из возможных режимов работы асинхронных двигателей с повышенным скольжением определяют номинальные данные?
Ответ: при работе в режиме S3 (повторно–кратковременном) с ПВ = 40%.

Вопрос 4. 204. Для привода каких механизмов предназначены многоскоростные двигатели серии АИ?
Ответ: для механизмов, требующих ступенчатого регулирования частоты вращения; для приводов с вентиляторной характеристикой.

Вопрос 4. 205. Когда двухскоростной асинхронный двигатель имеет одну полюсно–переключаемую обмтку? **Ответ:** с соотношением полюсов 1 : 2.

Вопрос 4. 206. Сколько обмоток статора имеет двухскоростной асинхронный двигатель? **Ответ:** одну.

Вопрос 4. 207. Сколько обмоток статора имеет трехскоростной асинхронный двигатель? **Ответ:** две независимые (одна по схеме Даландера, вторая – обычная).

Вопрос 4. 208. Сколько обмоток статора имеет четырехскоростной асинхронный двигатель? **Ответ:** две независимые полюсно–переключаемые обмотки.

Вопрос 4. 209. Какое соотношение полюсов у обмоток статора, переключаемых по методу фазовой модуляции? **Ответ:** : 6 : 4; 8 : 6.

Вопрос 4. 210. Сколько пазов имеет сердечник статора двухскоростных асинхронных двигателей, если его обмотка переключается по методу фазовой модуляции?
Ответ: Z_1 = 36; 54; 72.

Вопрос 4. 211. Как повышен пусковой момент многоскоростных АД при h = 160 ÷ 250 мм? **Ответ:** ротор имеет двойную клетку.

Вопрос 4. 212. В чем состоит специфика режимов работы частотно–регулируемых асинхронных двигателей?
Ответ: работают от статических преобразователей частоты; необходимо обеспечить минимальное время переходных процессов; работают в широком диапазоне частот вращения; возможность осуществления частотных пусков; условия охлаждения различны и особенно неблагоприятны при низких частотах вращения.

Вопрос 4. 213. Как сказывается на энергетических показателях частотно–регулируемых асинхронных двигателей работа от статических преобразователей частоты? **Ответ:** *кпд* снижается в среднем на 2 ÷ 3 %; коэффициент мощности снижается в среднем на 5 %.

Вопрос 4. 214. Как сказывается на нагреве и на полезной мощности частотно–регулируемых асинхронных двигателей работа от статических преобразователей частоты? **Ответ:** нагрев увеличивается; полезная мощность снижается.

Вопрос 4. 215. Как сказывается на максимальном моменте частотно–регулируемых асинхронных двигателей работа от статических преобразователей частоты?
Ответ: снижается примерно на 8 ÷ 15 %.

Вопрос 4. 216. Что предусматривается в конструкции частотно–регулируемых асинхронных двигателей с учетом специфики их работы по сравнению с АД общепромышленного назначения?
Ответ: независимая вентиляция; второй конец вала для размещения датчика скорости; согласование обмотки статора по напряжению с преобразователем частоты (до 110 кВт – 220 В; 132 – 400 кВт – 380 В).

Вопрос 4. 217. Назовите базовую частоту тока частотно–регулируемых асинхронных двигателей. **Ответ:** 60 *гц*.

Вопрос 4. 218. Для какого режима работы предназначены частотно–регулируемые асинхронные двигатели?
Ответ: для продолжительного режима работы во всем диапазоне регулирования частоты вращения.

Вопрос 4. 219. Какие требования исключаются при проектировании частотно–регулируемых асинхронных двигателей по сравнению с асинхронными двигателями общепромышленного назначения?
Ответ: к величине пускового и минимального моментов; к пусковому току; к колебаниям напряжения сети.

Вопрос 4. 220. Где применяются однофазные двигатели серии АИ?
Ответ: там, где нет сети 3–фазного тока: в строительстве, в сельском хозяйстве, в быту.

Вопрос 4. 221. Назовите три основных исполнения однофазных двигателей серии АИ.
Ответ: с рабочим конденсатором (E); с пусковым конденсатором (U); с пусковым и рабочим конденсаторами (D).

Вопрос 4. 222. Назовите два дополнительных исполнения однофазных двигателей серии АИ.
Ответ: со вспомогательной обмоткой, имеющей повышенное активное сопротивление (R); со вспомогательной обмоткой с рабочим конденсатором и с повышенным активным сопротивлением обмотки ротора (ER).

Вопрос 4. 223.Что представляет собой обмотка статора однофазного двигателя серии АИ основного исполнения E?
Ответ: основная обмотка и вспомогательная обмотка с рабочим конденсатором.

Вопрос 4. 224. Что представляет собой обмотка статора однофазного двигателя серии АИ основного исполнения исполнение U?
Ответ: основная обмотка и вспомогательная обмотка с пусковым конденсатором.
Вопрос 4. 225. Что представляет собой обмотка статора однофазного двигателя серии АИ основного исполнения D?
Ответ: основная обмотка и вспомогательная обмотка с рабочим и пусковым конденсаторами.

Вопрос 4. 226. Чему равно предельное значение номинальной мощности асинхронных двигателей в большинстве сетей однофазного тока? **Ответ:** не более 1,5 кВт.

Вопрос 4. 227. Назовите степень защиты однофазных двигателей серии АИ.
Ответ: IP54.

Вопрос 4. 228. Назовите способ охлаждения однофазных двигателей серии АИ.
Ответ: IC 0141.

Вопрос 4. 229. Какое основное исполнение однофазных двигателей серии АИ позволяет получить более высокую номинальную мощность и почему?
Ответ: исполнение Е, т. к. работают в номинальном режиме две обмотки (основная и вспомогательная) с приблизительно круговым вращающимся полем.

Вопрос 4. 230. Какое основное исполнение однофазных двигателей серии АИ имеет наименьшую номинальную мощность при равных установочных размерах?
Ответ: исполнение U, т. к. в номинальном режиме работает только одна (основная) обмотка.

Вопрос 4. 231. Перечислите причины возникновения опасного нагрева обмотки статора асинхронных двигателей.
Ответ: работа с перегрузкой; работа в двухфазном режиме (нет третьей фазы); число включений в час превышает допустимое; ухудшение условий охлаждения; чрезмерное превышение температуры окружающей среды и т.п.

Вопрос 4. 232. Сколько предельных значений температуры срабатывания имеет температурная защита асинхронных двигателей и каким условиям нагревания они соответствуют?
Ответ: два; медленному (при перегрузках), быстрому (при пусках).

Вопрос 4. 233. Поясните, что такое предельное значение температуры срабатывания температурной защиты при медленном нагревании обмотки статора асинхронных двигателей?
Ответ: это температура, при достижении которой из–за работы асинхронных двигателей при перегрузке срабатывает температурная защита.

Вопрос 4. 234. Поясните, что такое предельное значение температуры срабатывания температурной защиты при быстром нагревании обмотки статора асинхронных двигателей? **Ответ:** это температура, при достижении которой при пуске срабатывает температурная защита.

Вопрос 4. 235. Назовите место встраивания температурной защиты асинхронных двигателей со степенью защиты IP23 и объясните причину этого выбора.
Ответ: лобовые части обмотки вблизи сердечника статора, причем при односторонней вентиляции – со стороны расположения вентилятора (происходит дополнительный подогрев потоком охлаждающего воздуха).

Вопрос 4. 236. Перечислите преимущества механических способов торможения асинхронных двигателей по сравнению с электрическими.
Ответ: позволяют существенно увеличить число торможений в единицу времени; обеспечивают постоянство тормозного момента; улучшают тепловой режим асинхронных двигателей; сокращают число пусковой аппаратуры; упрощают схему управления двигателем; обеспечивают получение малых (ползучих) скоростей и их регулировку; обеспечивают плавность торможения.

Вопрос 4. 237. Что такое самотормозящиеся асинхронные двигатели?
Ответ: в них поток, создаваемый обмоткой статора, используется и для управления механическим тормозом.

Вопрос 4. 238. В чем отличие конструкции самотормозящихся асинхронных двигателей по сравнению с обычными?
Ответ: изменяются магнитопроводы статора и ротора, либо одного из них; имеют специальный вал; имеют специальный подшипниковый щит со стороны вентилятора.

Вопрос 4. 239. Что такое асинхронные двигатели со встроенным электромеханическим тормозным устройством?
Ответ: они имеют встроенный в подшипниковый щит или пристроенный к нему электромагнит с общим, чаще с независимым от обмотки статора, питанием.

Вопрос 4. 240. В чем отличие конструкции асинхронного двигателя со встроенным электромеханическим тормозным устройством по сравнению с обычным?
Ответ: специальный вал; специальный подшипниковый щит; специальное вводное устройство (в нем размещается блок управления тормозом).

Вопрос 4. 241. Что такое асинхронный двигатель с пристроенным тормозным устройством?
Ответ: имеет тормозное устройство с независимым от обмотки статора питанием.

Вопрос 4. 242. В чем отличие конструкции асинхронного двигателя с пристроенным тормозным устройством по сравнению с обычным?
Ответ: незначительная доработка серийного подшипникового щита; незначительная доработка участка вала со стороны вентилятора.

Вопрос 4. 243. Что такое асинхронный двигатель с автономным тормозным устройством? **Ответ:** имеет механический тормоз как отдельное автономное устройство с независимым от обмотки статора питанием.

Вопрос 4. 244. В чем отличие конструкции асинхронного двигателя с автономным тормозным устройством по сравнению с обычным?
Ответ: вал имеет два свободных конца (без всякой его доработки).

Вопрос 4. 245. Назовите требования к энергетическим показателям асинхронных двигателей с электромеханическим тормозным устройством.
Ответ: снижение их не более, чем на 1÷1,5 %.

Вопрос 4. 246. Назовите требования к мощности, потребляемой электромеханическим тормозным устройством асинхронного двигателя в установившемся режиме?
Ответ: не более 0,5 % мощности, потребляемой асинхронным двигателем.

Вопрос 4. 247. Какое исполнение по степени защиты должны иметь однофазные асинхронные двигатели по условиям окружающей среды? **Ответ:** IP54.

Вопрос 4. 248. Какое дополнительное требование предъявляется при проектировании химостойкого исполнения по сравнению с основным исполнением?
Ответ: должны быть стойкими к воздействию агрессивных сред.

Вопрос 4. 249. В чем отличие конструкции асинхронных двигателей специализированных модификаций по условиям окружающей среды от двигателей основного исполнения? **Ответ:** отличаются материалами пропитки и покрытий; маркой пластмассы; пропиточные лаки и покровные эмали выполняются на основе эпоксидных смол.

Вопрос 4. 250. Какие модификации асинхронных двигателей по воздействию внешней среды должны выдерживать статическое воздействие пыли с размером частиц до 50 мкм? **Ответ:** Т1 и Т2.

Вопрос 4. 251. Какие модификации асинхронных двигателей по воздействию внешней среды должны выдерживать действие солнечной радиации? **Ответ:** Т1.

Вопрос 4. 252. Какие модификации асинхронных двигателей по воздействию внешней среды должны выдерживать динамическое воздействие пыли? **Ответ:** Т1.

Вопрос 4. 253. Какие модификации асинхронных двигателей по воздействию внешней среды должны выдерживать воздействие плесневых грибков? **Ответ:** Т1 и Т2.

Вопрос 4. 254. На сколько отличается уровень шума асинхронного двигателя малошумного исполнения по сравнению с двигателями основного исполнения? **Ответ:** уровень шума меньше на 5 дБ.

Вопрос 4.255. Чем достигается снижение уровня шума в асинхронном двигателе малошумного исполнения?
Ответ: применением высокоточных подшипников; повышением класса механической обработки; в некоторых случаях снижением электромагнитных нагрузок (A, B_δ).

Вопрос 4.256. Чем достигается снижение вибраций в асинхронных двигателях повышенной точности по установочным размерам и в высокоточных асинхронных двигателях?
Ответ: повышением точности механической обработки; применением высокоточных подшипников; повышением уровня динамической балансировки роторов и вентиляторов.

Глава 5
Проектирование машин постоянного тока

Вопрос 5. 1. Как определить номинальный ток двигателя постоянного тока предварительно?
Ответ: $I_{1ном} = P_{ном} \times 10^3 / (\eta \times U_{ном})$, А, где $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; η – *кпд*, предварительное значение (задается или выбирается по рекомендации), о. е.; $U_{ном}$ – номинальное напряжение двигателя, В.

Вопрос 5. 2. От каких параметров и как зависит номинальный ток двигателя постоянного тока предварительно?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от номинальной мощности двигателя; обратно пропорциональна я зависимость от *кпд* и номинального напряжения двигателя.

Вопрос 5. 3. Как определить КПД двигателя постоянного тока предварительно, если он не задан? **Ответ:** по зависимости $\eta = f(P_2)$.

Вопрос 5. 4. Назовите средние значения *кпд* двигателей серии 2П. **Ответ:** η = 72 – 94%

Вопрос 5. 5. Как определить номинальный ток якоря двигателя постоянного тока параллельного возбуждения предварительно? **Ответ:** $I_{ном} = (1 - k_B)\times I_{1ном}$, где $k_B = f(P_{ном})$.

Вопрос 5. 6. Как определить электромагнитную мощность двигателя постоянного тока?
Ответ: $P' = k_Д \times P_{ном} / \eta$, где $k_Д = f(P_{ном}) < 1$; $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателя; η – предварительное значение *кпд* двигателя (задается или выбирается по рекомендации).

Вопрос 5. 7. Как определить электромагнитную мощность генератора постоянного тока?
Ответ: $P' = k_Г \times P_{ном}$, где $k_Г = f(P_{ном}) > 1$; $P_{ном}$ – номинальная мощность генератора.

Вопрос 5. 8. Как определить электромагнитную мощность машины постоянного тока общепромышленного назначения?
Ответ: $P' = P_{ном}\times(100 + \eta) / (2\eta)$, где $P_{ном}$ – номинальная мощность машины постоянного тока; η – предварительное значение *кпд* машины постоянного тока (задается или выбирается по рекомендации).

Вопрос 5. 9. Как сказывается увеличение коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока на использовании машины?
Ответ: использование машины увеличивается (увеличивается коэффициент использования объема активной части).

Вопрос 5. 10. Как сказывается увеличение коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока на ширине полюсного окна?
Ответ: ширина окна уменьшается.

Вопрос 5. 11. Как сказывается увеличение коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока на потоке рассеяния главных полюсов?
Ответ: поток рассеяния увеличивается.

Вопрос 5. 12. Как сказывается увеличение коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока на проникновение поля главных полюсов в зону коммутации? **Ответ:** проникновение поля главных полюсов увеличивается.

Вопрос 5. 13. Как сказывается увеличение коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока на коммутационную надежность машины?
Ответ: коммутационную надежность уменьшается.

Вопрос 5. 14. Как выбирается коэффициента полюсного перекрытия машины постоянного тока? **Ответ:** $\alpha_\delta = f(D)$, т. е. по диаметру якоря.

Вопрос 5. 15. От каких параметров и как зависит расчетная длина якоря машины постоянного тока?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от электромагнитной мощности машины; обратно пропорциональная зависимость от коэффициента полюсного перекрытия, от электромагнитных нагрузок A и B_δ , от номинальной частоты вращения якоря; обратно пропорциональная квадратичная зависимость от диаметра якоря.

Вопрос 5. 16. Как сказывается на коэффициенте полюсного перекрытия машины постоянного тока наличие добавочных полюсов?
Ответ: при наличии добавочных полюсов коэффициент полюсного перекрытия уменьшается.

Вопрос 5. 17. Как определяются электромагнитные нагрузки машины постоянного тока предварительно? **Ответ:** $A, B_\delta = f(D)$, т. е. по зависимостям от диаметра якоря.

Вопрос 5. 18. Каким образом проверяется правильность выбора главных размеров машины постоянного тока?
Ответ: рассчитывается $\lambda = L_\delta / D$ и сравнивается с рекомендуемым интервалом, полученным по $\lambda = f(D)$.

Вопрос 5. 19. Как сказывается увеличение длины якоря машины постоянного тока на *кпд*? **Ответ:** *кпд* возрастает.

Вопрос 5. 20. Как сказывается увеличение длины якоря машины постоянного тока на моменте инерции якоря? **Ответ:** момент инерции якоря снижается.

Вопрос 5. 21. Как сказывается увеличение длины якоря машины постоянного тока на условиях охлаждения и коммутации?
Ответ: условия охлаждения и коммутации ухудшаются.

Вопрос 5. 22. Как определяется расчетная длина полюсной дуги главного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $b_p = \alpha_\delta \cdot \tau$, т. е. умножением коэффициента полюсного перекрытия на полюсное деление.

Вопрос 5. 23. Как определяется действительная длина полюсной дуги главного полюса машины постоянного тока при эксцентричном воздушном зазоре?
Ответ: $b_p = b_\delta$, т. е. равна расчетной длине полюсной дуги.

Вопрос 5. 24. Как определяется действительная длина полюсной дуги главного полюса машины постоянного тока при концентрическом (равномерном) воздушном зазоре?
Ответ: $b_p = b_\delta + 2\delta$, т. е. равна расчетной длине полюсной дуги, увеличенной на двойную величину воздушного зазора.

Вопрос 5. 25. Когда в машинах постоянного тока может быть применена простая волновая обмотка? **Ответ:** если номинальный ток якоря до 600 А.

Вопрос 5. 26. Когда в машинах постоянного тока может быть применена простая петлевая обмотка? **Ответ:** если номинальный ток якоря 500 ÷ 1400 А.

Вопрос 5.27. Как определить предварительно общее число эффективных проводников обмотки якоря машины постоянного тока? **Ответ:** $N = \pi \times D \times A / I_a$, т. е. предварительное значение линейной нагрузки умножить на длину окружности с диаметром якоря и разделить на величину тока параллельной ветви. *N* должно быть целым числом.

Вопрос 5. 28. От каких параметров и как зависит общее число эффективных проводников обмотки якоря машины постоянного тока?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от диаметра якоря, линейной нагрузки якоря; обратно пропорциональная зависимость от величины тока параллельной ветви обмотки якоря.

Вопрос 5. 29. Как определить число пазов сердечника якоря машины постоянного тока? **Ответ:** $Z = \pi \times D / t_{Z1} = Z_{min} \div Z_{max}$, где $t_{Z1} = f(h)$, т. е. длина окружности с диаметром якоря делится на интервал значений зубцового деления сердечника якоря, рекомендуемого для высоты оси вращения проектируемой машины постоянного тока. Из полученного интервала рекомендуемых значений числа пазов сердечника якоря выбирается такое целое число, которое обеспечивает условия симметрии обмотки якоря.

Вопрос 5. 30. От каких параметров и как зависит число пазов сердечника якоря машины постоянного тока? **Ответ:** прямо пропорциональная зависимость от диаметра якоря; обратно пропорциональна я зависимость от величины рекомендуемого зубцового деления сердечника якоря.

Вопрос 5. 31. Как определить число эффективных проводников обмотки якоря в пазу сердечника якоря машины постоянного тока?
Ответ: $N_n = N / Z$, т. е. делением общего числа эффективных проводников обмотки якоря на число пазов сердечника якоря. N_n это должно быть целым четным числом.

Вопрос 5. 32. От чего зависит форма паза сердечника якоря машины постоянного тока?
Ответ: от диаметра якоря (от высоты оси вращения); от типа и конструкции обмотки якоря.

Вопрос 5. 33. При каких значениях высоты оси вращения машин постоянного тока сердечники якорей имеют овальные полузакрытые пазы? **Ответ:** при h = 80 – 200 мм.

Вопрос 5. 34. При каких значениях высоты оси вращения машин постоянного тока сердечники якорей имеют открытые прямоугольные пазы?
Ответ: h = 225 – 315 мм. 600 В; h = 355 – 500 мм. до 1000 В.

Вопрос 5. 35. Какие пазы имеет сердечник якоря машины постоянного тока, если обмотка якоря двухслойная всыпная из круглого эмалированного провода?
Ответ: овальные полузакрытые пазы.

Вопрос 5. 36. Какую обмотку имеет сердечник якоря машины постоянного тока, если пазы полуоткрытые овальной формы?
Ответ: двухслойную всыпную обмотку из круглого эмалированного провода, напряжение до 600 В.

Вопрос 5. 37. Какую обмотку имеет сердечник якоря машины постоянного тока, если пазы открытые прямоугольной формы?
Ответ: двухслойную обмотку из прямоугольного провода.
Вопрос 5. 38. Когда число витков в секции обмотки якоря машины постоянного тока может быть дробным? **Ответ:** при всыпной обмотке.

Вопрос 5. 39. Какой величиной ограничивается напряжение между соседними коллекторными пластинами для машин постоянного тока мощностью до 1 кВт?
Ответ: $U_{к.ср} \leq 25 \div 30$ В.

Вопрос 5. 40. Какой величиной ограничивается напряжение между соседними коллекторными пластинами для серийных машин постоянного тока без компенсационной обмотки? **Ответ:** до 16 В.

Вопрос 5. 41. Какой величиной ограничивается напряжение между соседними коллекторными пластинами для серийных машин постоянного тока с компенсационной обмоткой? **Ответ:** $U_{к.ср} \leq 20$ В.

Вопрос 5. 42. Как определяется уточненная линейная нагрузка машины постоянного тока?
Ответ: $A' = N \times I_a / (\pi \times D)$, т. е. умножением уточненного общего числа эффективных проводников обмотки якоря на ток её параллельной ветви и делением на длину окружности с диаметром якоря.

Вопрос 5. 43. Как корректируется расчетная длина сердечника якоря машины постоянного тока, если уточненная линейная нагрузка больше предварительной?
Ответ: $L_\delta' = L_\delta \times (A / A')$, т. е. уменьшается, умножая на дробь меньше единицы уточняемую расчетную длину сердечника якоря.

Вопрос 5. 44. Как корректируется расчетная длина сердечника якоря машины постоянного тока, если уточненная линейная нагрузка меньше предварительной?
Ответ: $L_\delta' = L_\delta \cdot (A / A')$, т. е. увеличивается, умножая на дробь больше единицы уточняемую расчетную длину сердечника якоря.

Вопрос 5. 45. От каких параметров зависит результат выбора числа коллекторных пластин машины постоянного тока?
Ответ: $U_{к.ср}$, W_c, т. е. от среднего значения напряжения между соседними коллекторными пластинами (не должно превышать предельного) и от числа витков в секции (может быть дробным только при всыпной обмотке).

Вопрос 5. 46. От чего зависит минимально допустимое коллекторное деление в машинах постоянного тока? **Ответ:** от наружного диаметра коллектора.

Вопрос 5. 47. Назовите диапазон минимально допустимого коллекторного деления в машинах постоянного тока? **Ответ:** 3,0 ÷ 3,8 мм.

Вопрос 5. 48. От каких параметров зависит наружный диаметр коллектора машин постоянного тока? **Ответ:** от диаметра якоря; типа пазов сердечника якоря.

Вопрос 5. 49. Как рассчитать предварительную плотность тока в обмотке якоря машины постоянного тока?
Ответ: $J_a = (A \cdot J_a) / A'$, т. е. разделив рекомендуемое значение произведения линейной нагрузки и плотности тока обмотки якоря на уточненную линейную нагрузку.

Вопрос 5. 50. От каких параметров зависит предварительная плотность тока обмотки якоря машины постоянного тока?
Ответ:
от рекомендуемого произведения линейной нагрузки на плотность тока якоря; а так как *$(A\ J_a) = f(D$, класс нагревостойкости*), то фактически от диаметра якоря и класса нагревостойкости изоляции обмотки якоря; от уточненного значения линейной нагрузки.

Вопрос 5. 51. Как определить предварительное сечение эффективного проводника обмотки якоря машины постоянного тока?
Ответ: $q_a = I_a / J_a$, т. е. делением тока параллельной ветви обмотки якоря на предварительное значение его плотности тока.

Вопрос 5. 52. Как определяется площадь поперечного сечения всыпной обмотки якоря, уложенной в один паз?
Ответ: $S_o = N_n n_{эл} \times d_{из}^2 / k_з$, т. е. число элементарных проводников в одном пазу (как произведение числа эффективных проводников в пазу на число элементарных в одном эффективном проводнике) умножается на диаметр изолированного элементарного проводника во второй степени и делится на рекомендуемое значение коэффициента заполнения паза всыпной обмотки (0,68 ÷ 0,72).

Вопрос 5. 53. Назовите предельное значение диаметра изолированного элементарного проводника обмотки якоря машины постоянного тока. **Ответ:** $d_{из} \le 1{,}8$ мм.

Вопрос 5. 54. Назовите диапазон коэффициента заполнения паза всыпной обмотки якоря машины постоянного тока. **Ответ:** $k_з = 0{,}68 \div 0{,}72$.

Вопрос 5.55. Как определяется площадь поперечного сечения паза, заполненного всыпной обмоткой якоря машины постоянного тока?
Ответ: $S_{по} = S_n - S_{из} - S_к$, т. е. из площади паза в штампе с учетом расшихтовки вычитаются площади, занимаемые изоляцией и клином.

Вопрос 5. 56. Как определяется предварительная высота паза якоря машины постоянного тока?
Ответ: $h_n = f(D)$, т. е. по рекомендуемой зависимости высоты паза сердечника якоря от диаметра якоря.

Вопрос 5. 57. Назовите диапазон изменения высоты паза сердечника якоря машины постоянного тока при диаметре якоря D = 0,1÷1,0 м. **Ответ:** от 20 до 50 мм.

Вопрос 5. 58. Назовите диапазон изменения высоты шлица паза сердечника якоря машин постоянного тока со всыпной обмоткой. **Ответ:** от 0,5 до 0,8 мм.

Вопрос 5. 59. Как обосновывается ширина шлица паза сердечника якоря машины постоянного тока со всыпной обмоткой?
Ответ: $b_ш > d_{из} + 2b_{из}$, т. е. ширина шлица должна быть больше, чем сумма диаметра элементарного изолированного проводника обмотки якоря и двойной толщины пазовой изоляции обмотки якоря.

Вопрос 5. 60. Назовите толщину пазовой (корпусной) изоляции всыпной обмотки якоря машин постоянного тока серии 2П (класс нагревостойкости В).
Ответ: $b_{из} = 0{,}35$ мм.

Вопрос 5. 61. Назовите толщину пазовой (корпусной) изоляции всыпной обмотки якоря машин постоянного тока серии 2П (класс нагревостойкости F).
Ответ: $b_{из} = 2 \times 0{,}25$ мм.

Вопрос 5. 62. Назовите толщину пазовой (корпусной) изоляции всыпной обмотки якоря машин постоянного тока серии 4П. **Ответ:** $b_{из} = 0{,}30$ мм.

Вопрос 5. 63. Как определяется ширина зубца якоря машин постоянного тока со всыпной обмоткой?
Ответ: $b_Z = B\delta \times t_{Z1} / (B_Z \times k_c)$, т. е. делением произведения индукции в воздушном зазоре и зубцового деления сердечника якоря на произведение рекомендуемой индукции в зубце якоря и коэффициента заполнения сталью сердечника якоря.

Вопрос 5. 64. От каких параметров зависит предельно допустимое значение индукции в зубце якоря машин постоянного тока?
Ответ: от частоты перемагничивания магнитопровода якоря; от степени защиты машин постоянного тока; от способа охлаждения машин постоянного тока.

Вопрос 5. 65. Как зависит предельно допустимое значение индукции в зубце сердечника якоря машин постоянного тока от частоты перемагничивания?
Ответ: чем больше частота перемагничивания сердечника якоря, тем меньше предельно допустимое значение индукции в зубце.

Вопрос 5. 66. Как зависит предельно допустимое значение индукции в зубце сердечника якоря машин постоянного тока от исполнения по степени защиты?
Ответ: т. к. увеличение степени защиты машин постоянного тока ухудшает охлаждение, то предельно допустимое значение индукции в зубце уменьшается.

Вопрос 5. 67. Как зависит предельно допустимое значение индукции в зубце сердечника якоря машин постоянного тока от способа охлаждения?
Ответ: чем лучше охлаждение, тем выше предельно допустимое значение индукции в зубце.

Вопрос 5. 68. Как определить частоту перемагничивания сердечника якоря машины постоянного тока?
Ответ: $f = p \times n / 60$, *гц*, т. е. умножением числа пар главных полюсов на номинальную частоту вращения якоря в об. мин. и делением на 60, чтобы получить частоту перемагничивания в *гц*.

Вопрос 5. 69. От каких параметров зависит предельно допустимое значение индукции в ярме якоря машин постоянного тока?
Ответ: от частоты перемагничивания магнитопровода якоря; от исполнения машин постоянного тока по степени защиты; от способа охлаждения машины.
Вопрос 5. 70. Какое соотношение между предельно допустимыми значениями индукции в зубце и в ярме сердечника якоря машин постоянного тока?
Ответ: значение индукции в зубце больше (масса зубцов меньше).

Вопрос 5. 71. Что необходимо сделать с проводниками обмотки якоря, если коэффициент заполнения паза недопустимо мал?
Ответ: увеличить диаметр провода (взять диаметр элементарного изолированного провода ближайший больший из стандартных), что приведет к увеличению коэффициента заполнения паза и к снижению плотности тока в обмотке якоря.

Вопрос 5. 72. Что необходимо сделать с проводниками обмотки якоря, если коэффициент заполнения паза недопустимо велик?
Ответ: уменьшить диаметр провода (взять диаметр элементарного изолированного провода ближайший меньший из стандартных), что приведет к уменьшению коэффициента заполнения паза и к увеличению плотности тока в обмотке якоря.

Вопрос 5. 73. Как выбирается предварительная высота прямоугольного открытого паза сердечника якоря?
Ответ: $h_n = f(D)$, т. е. по диаметру якоря, используя рекомендации.

Вопрос 5. 74. Как определяется ширина зубца якоря машин постоянного тока в минимальном сечении при прямоугольных открытых пазах?
Ответ: $b_{Zmin} = B_\delta \cdot t_{Z1} / (B_{Zmax} \cdot k_c)$, т. е. делением произведения индукции в воздушном зазоре и зубцового деления сердечника якоря на произведение индукции в минимальном сечении зубца и коэффициента заполнения сталью сердечника якоря.

Вопрос 5. 75. Какая высота клина для крепления обмотки якоря машин постоянного тока при прямоугольных открытых пазах? **Ответ:** $h_{кл}$ равна примерно 4 мм.

Вопрос 5. 76. Какая высота шлица паза сердечника якоря машин постоянного тока при прямоугольных открытых пазах? **Ответ:** $h_ш$ = 1 мм.

Вопрос 5. 77. Как определяется максимальная ширина проводника с изоляцией обмотки якоря машин постоянного тока при прямоугольных открытых пазах сердечника?
Ответ: $b_{пр} = (b_п - b_{из}) / u_п$, т. е. делением разности ширины паза и суммарной ширины (толщины) корпусной (пазовой) изоляции на число элементарных пазов в эффективном.

Вопрос 5. 78. Как определяется максимальная высота проводника с изоляцией обмотки якоря машин постоянного тока при прямоугольных открытых пазах?
Ответ: $a_{пр} = (h_п - h_{из} - h_{кл}) / (2w_c)$, т. е. делением разности высоты паза, суммарной высоты корпусной и междуслойной изоляции в пазу, высоты (толщины) пазового клина на двойную величину числа витков в секции обмотки якоря.

Вопрос 5. 79. Какое предельное значение высоты проводника с изоляцией обмотки якоря машин постоянного тока при прямоугольных открытых пазах в зависимости от частоты перемагничивания?
Ответ:
$f \leq$ 25 Гц : $a_{пр} \leq$ 10 мм;
$f \approx$ 50 Гц : $a_{пр} \leq$ 7 мм;
$f \geq$ 100 Гц : $a_{пр} \leq$ 4 мм.

Вопрос 5. 80. Как зависит коэффициент заполнения сердечника якоря машин постоянного тока электротехнической сталью от толщины её листов?
Ответ: чем толще листы, тем больше коэффициент заполнения.

Вопрос 5. 81. Как зависит коэффициент заполнения сердечника якоря машин постоянного тока электротехнической сталью от вида изоляционного покрытия листов?
Ответ: при лакировании листов коэффициент заполнения меньше, а при оксидировании – больше.

Вопрос 5. 82. Как определяется высота спинки (ярма) сердечника якоря машин постоянного тока?
Ответ: $h_j = (D - D_o) / 2 - h_п$, т. е. вычитанием из полуразности наружного и внутреннего диаметров сердечников якоря высоты паза якоря.

Вопрос 5. 83. Как определяется длина сердечника главного полюса машин постоянного тока, если нет радиальных каналов?
Ответ: $l_Г = l_\delta$, , т. е. равна расчетной длине сердечника якоря.

Вопрос 5. 84. Как определяется ширина сердечника главного полюса машин постоянного тока?
Ответ: $b_Г = σ_Г×Φ_{δном} / (k_c×l_Г×B_Г)$, т. е. делением полного потока главного полюса на произведение коэффициента заполнения электротехнической сталью сердечника главного полюса, его длины и индукции в нем.

Вопрос 5. 85. Какой материал применяется для изготовления главного полюса машин постоянного тока? **Ответ:** листовая электротехническая сталь: 3411, 3412, 3413.

Вопрос 5. 86. Рекомендуемая индукция в сердечнике главного полюса машин постоянного тока при IP22. **Ответ:** $B_Г$ = 1,6 ÷ 1,7 Тл.

Вопрос 5. 87. Рекомендуемая индукция в сердечнике главного полюса машин постоянного тока при IP44. **Ответ:** $B_Г$ = 1,35 ÷ 1,45 Тл.

Вопрос 5. 88. Как обосновывается толщина выступа наконечника главного полюса машин постоянного тока?
Ответ: индукция в этом сечении должна быть не более 0,85 индукции в сердечнике главного полюса.

Вопрос 5. 89. Как определяется сечение станины машины постоянного тока?
Ответ: $S_c = σ_Г·Φ_{δном} / (2·B_c)$, т. е. полный поток сердечника главного полюса делится на двойную индукцию в станине.

Вопрос 5. 90. Предельное значение индукции в станине машины постоянного тока из массивной стали? **Ответ:** $B_c ≤$ 1,3 Тл.

Вопрос 5. 91. Как определяется длина станины машины постоянного тока из массивной стали?
Ответ: $l_c = l_Г + 0{,}4\ D$, т. е. длина станины из массивной стали больше длины главного полюса на 0,4 диаметра якоря.

Вопрос 5. 92. Как определяется толщина станины машины постоянного тока?
Ответ: $h_c = S_c / l_c$, т. е. разделить сечение станины на её длину.
Вопрос 5. 93. Как определяется внешний диаметр станины машины постоянного тока?
Ответ: $D_{вн}$ = 2h – (8 ÷ 10) мм. т. е. вычесть из двойной величины высоты оси вращения машины постоянного тока (8 ÷ 10) мм.

Вопрос 5. 94. Как определяется внутренний диаметр станины машины постоянного тока?
Ответ: $d_c = D_{вн} – 2h_c$, т. е. вычесть из внешнего диаметра станины двойную толщину станины.

Вопрос 5. 95. Как определяется высота главного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $h_Г = (d_c – D – 2δ) / 2$, т. е. это половина разности внутреннего диаметра станины, диаметра якоря и двойной величины воздушного зазора.

Вопрос 5. 96. Величина воздушного зазора под главными полюсами машины постоянного тока. **Ответ:** $δ$ = 0,5 ÷ 4,0 мм.

Вопрос 5. 97. Высота главного полюса машины постоянного тока со станиной из массивной стали. **Ответ:** $h_Г$ = 0,025 ÷ 0,160 м.

Вопрос 5. 98. Каким может быть воздушный зазор под главными полюсами машины постоянного тока?
Ответ:
одинаковый по величине на всем протяжении полюсной дуги главного полюса; эксцентричным (центры радиусов наружной поверхности якоря и внутренней поверхности главного полюса смещены); увеличенный под краями главных полюсов.

Вопрос 5. 99. Назовите основное соображение, которым необходимо руководствоваться при выборе воздушного зазора под главными полюсами машины постоянного тока.
Ответ: воздушный зазор должен быть как можно меньшим и таким, чтобы индукция в воздушном зазоре на протяжении всей полюсной дуги не изменяла своего направления под действием реакции якоря.

Вопрос 5. 100. Назовите составляющие суммарной МДС на главный полюс машины постоянного тока.
Ответ: в воздушном зазоре под главным полюсом; в зубцах сердечника якоря; в ярме сердечника якоря; в главном полюсе; в зубцах главного полюса при наличии компенсационной обмотки; в воздушном зазоре между станиной и главным полюсом; в станине.

Вопрос 5. 101. Назовите составляющие МДС переходного слоя магнитной цепи машины постоянного тока.
Ответ: в воздушном зазоре под главным полюсом; в зубцах сердечника якоря; в ярме сердечника якоря.

Вопрос 5. 102. Зачем рассчитывается характеристика намагничивания машины постоянного тока?
Ответ: для определения суммарной МДС на полюс, необходимой для расчета обмотки возбуждения.

Вопрос 5. 103. Зачем рассчитывается переходная характеристика магнитной цепи машины постоянного тока?
Ответ: для определения размагничивающего действия реакции якоря и уточнения величины индукции в воздушном зазоре под главным полюсом.

Вопрос 5. 104. Где размещается компенсационная обмотка машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: в пазах полюсных наконечников главных полюсов.

Вопрос 5. 105. Где размещается компенсационная обмотка машины постоянного тока с неявновыраженными главными полюсами? **Ответ:** в пазах магнитопровода статора.

Вопрос 5. 106. Как подключается компенсационная обмотка в электрической схеме двигателя постоянного тока? **Ответ:** последовательно с обмоткой якоря.

Вопрос 5. 107. Какой должна быть МДС компенсационной обмотки машины постоянного тока в зоне полюсной дуги главного полюса? **Ответ:**

$$\frac{0{,}85 \times A \times b_p}{2} < F_k < \frac{1{,}15 \times A \times b_p}{2}$$

т. е. в диапазоне (0,85 ÷ 1,15) произведения линейной нагрузки якоря на половину

действительной дуги полюсного наконечника главного полюса машины постоянного тока.

Вопрос 5. 108. Требования к зубцовому шагу (пазовому делению) компенсационной обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами для избежания вибрации магнитного происхождения.
Ответ: $t_k \neq t_{Z1}$, т. е. не должен быть равным зубцовому (пазовому) делению сердечника якоря.

Вопрос 5. 109. Число пазов компенсационной обмотки на полюсном наконечнике явновыраженного главного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $Z_к = 6 \div 12$, четное число в диапазоне от 6 до 12.

Вопрос 5. 110. Каким должно быть число пазов компенсационной обмотки на полюсном наконечнике явновыраженного главного полюса машины постоянного тока?
Ответ: должно быть четным.

Вопрос 5. 111. Величина плотности тока в компенсационной обмотке машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами (класс нагревостойкости B, серия 2П). **Ответ:** $I_к = 4{,}7 \div 5{,}2$ А/мм^2 , т. е. в среднем 4,5 А/мм^2.

Вопрос 5. 112. Величина плотности тока в компенсационной обмотке машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами (класс нагревостойкости F, серия 2П). **Ответ:** $I_к = 5{,}3 \div 5{,}8$ А/мм^2 , т. е. в среднем 5,5 А/мм^2.

Вопрос 5. 113. Как определяется число проводников компенсационной обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $N_к = A \cdot a_к \times b_n / I$, т. е. произведение линейной нагрузки на действительную длину дуги главного полюса нужно разделить на ток в параллельной ветви компенсационной обмотки. $N_к$ должно быть целым четным.

Вопрос 5. 114. Как обосновывается число параллельных ветвей компенсационной обмотки машины постоянного тока?
Ответ: $a_к = 1$, если $I \leq 2000$ А; $a_к = 2$, если $I > 2000$ А, т. е. равно единице или двум в зависимости от величины тока в пазу.

Вопрос 5. 115. Как определяется минимальная ширина зубца компенсационной обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $b_{Zk} = t_к \cdot B_\delta \cdot \sigma_Г / (B_{Zk} \cdot k_c)$, т. е. делением произведения зубцового (пазового) деления компенсационной обмотки, индукции в воздушном зазоре, коэффициента рассеяния главного полюса на произведение индукции в зубце компенсационной обмотки, коэффициента заполнения сталью главного полюса.

Вопрос 5. 116. Какая индукция в минимальном сечении зубцов компенсационной обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $B_{Zk} = 1{,}6 \div 1{,}8$ Тл.

Вопрос 5. 117. Как определяется ширина паза в свету для размещения компенсационной обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $b_n = t_k - b_{Zk}$, т. е. как разность зубцового (пазового) деления компенсационной обмотки и минимальной ширины зубца компенсационной обмотки.

Вопрос 5. 118. Как определяется число проводников компенсационной обмотки в пазу машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $= N_к / Z_к$, т. е. делением числа проводников компенсационной обмотки на один полюс на число пазов компенсационной обмотки в этом полюсе. $n_к$ это должно быть целое число.

Вопрос 5. 119. Как определяется площадь поперечного сечения проводника компенсационной обмотки машины постоянного тока?
Ответ: $q_к = I / (a_к \times J_к)$, т. е. делением тока параллельной ветви компенсационной обмотки на плотность тока в ней.

Вопрос 5. 120. Назовите тип компенсационной обмотки и форму ее пазов у машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при числе проводников обмотки в пазу свыше двух. **Ответ:** катушечная, пазы прямоугольные открытые.

Вопрос 5. 121. Назовите тип компенсационной обмотки и форму ее пазов у машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при числе проводников обмотки в пазу не более двух. **Ответ:** стержневая, пазы прямоугольные полузакрытые.

Вопрос 5. 122. Как определяется уточненная степень компенсации размагничивающего действия реакции якоря машины постоянного тока?
Ответ: $k_к = n_к \times I / (a_к \times b_n \times A)$, т. е. делением произведения числа проводников компенсационной обмотки в пазу, тока ее параллельной ветви на произведение ширины паза компенсационной обмотки, линейной нагрузки машины постоянного тока.

Вопрос 5. 123. Назовите диапазон степени компенсации размагничивающего действия реакции якоря компенсационной обмоткой машины постоянного тока.
Ответ: $k_к = 0{,}85 \div 1{,}15$.

Вопрос 5. 124. Составляющие МДС обмотки параллельного или независимого возбуждения машины постоянного тока.
Ответ: суммарная МДС на полюс; размагничивающее действие поперечной реакции якоря; продольная составляющая реакции якоря (при сдвиге щеток с геометрической нейтрали); МДС стабилизирующей обмотки.

Вопрос 5. 125. Как обосновываются ориентировочные размеры поперечного сечения сплошных катушек обмотки возбуждения из круглого провода?
Ответ: $(b_{к.В} \times h_{к.В}) = f(D)$, т. е. по рекомендации в зависимости от диаметра якоря.

Вопрос 5. 126. Когда катушка обмотки возбуждения машины постоянного тока выполняется секционированной?
Ответ: при диаметре якоря свыше 0.2 м.

Вопрос 5. 127. Как определяется средняя длина витка обмотки возбуждения машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $l_{В.ср} = 2(\ell_Г + b_Г) + \pi(b_{к.В} + 2 \cdot \Delta_{из})$, т. е. по длине и ширине сердечника главного полюса, по толщине катушки возбуждения и толщине изоляции катушки с учетом одностороннего зазора между катушкой и сердечником полюса.

Вопрос 5. 128. От каких параметров и как зависит площадь сечения проводника обмотки возбуждения машины постоянного тока при последовательном соединении катушек?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от удельного электрического сопротивления материала обмоточного провода при рабочей температуре, от числа полюсов обмотки возбуждения, от МДС обмотки возбуждения; обратно пропорциональна я зависимость от напряжения обмотки возбуждения.

Вопрос 5. 129. Каким показателем определяется тип катушек обмотки возбуждения машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: площадью сечения проводника обмотки возбуждения.

Вопрос 5. 130. Когда машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами имеет многослойные катушки из проводников круглого сечения?
Ответ: когда площадь сечения проводника обмотки возбуждения менее 8 мм^2.

Вопрос 5. 131. Когда машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами имеет многослойные катушки из проводников прямоугольного сечения?
Ответ: когда площадь сечения проводника обмотки возбуждения равна (8 ÷ 25) мм^2.

Вопрос 5. 132. Когда машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами имеет однослойные по ширине катушки возбуждения с намоткой голой шинной меди на ребро?
Ответ: когда площадь сечения проводника обмотки возбуждения превышает 25 мм^2.

Вопрос 5. 133. Как рассчитать число витков обмотки возбуждения на полюс машины постоянного тока?
Ответ: $W_B = F_B / (J_B \times q_B)$, т. е. МДС на полюс обмотки возбуждения нужно разделить на произведение плотности тока обмотки возбуждения и площади сечения ее проводника (разделить на ток обмотки возбуждения).

Вопрос 5. 134. Какую плотности тока имеет проводник обмотки возбуждения машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP22?
Ответ: (4,5 ÷ 6,0) А/мм^2, в среднем около 5,0 А/мм^2.

Вопрос 5. 135. Какую плотность тока имеет проводник обмотки возбуждения машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP44?
Ответ: (2,0 ÷ 3,0) А/мм^2, в среднем около 2,5 А/мм^2.

Вопрос 5. 136. Как рассчитать номинальный ток возбуждения машины постоянного тока?
Ответ: $I_{B.H} = J_B \cdot q_B$, т. е. умножением плотности тока в проводнике обмотки возбуждения на сечение этого проводника.

Вопрос 5. 137. Какие воздушные промежутки поперечного сечения машины постоянного тока нормируются при размещении обмоток возбуждения?
Ответ:
между краями полюсов и выступающими краями катушек обмоток возбуждения;
между выступающими краями катушек обмоток возбуждения и внутренней поверхностью станины.

Вопрос 5. 138. Какой величиной ограничиваются воздушные промежутки поперечного сечения машины постоянного тока при размещении обмоток возбуждения?
Ответ: не менее (6 ÷ 8) мм.

Вопрос 5. 139. Что необходимо предпринять, если обмотка возбуждения машины постоянного тока не вписывается в поперечном сечении?
Ответ: увеличить внутренний диаметр станины.

Вопрос 5. 140. Для чего предназначена стабилизирующая обмотка машины постоянного тока?
Ответ: для повышения устойчивости работы двигателя постоянного тока.

Вопрос 5. 141. Где размещается стабилизирующая обмотка машины постоянного тока?
Ответ: на главных полюсах (либо у полюсного наконечника, либо между секциями катушек главных полюсов.

Вопрос 5. 142. Как рассчитать число витков на полюс стабилизирующей обмотки машины постоянного тока?
Ответ: $W_C = F_{qd} \cdot a_c / I$, т. е. делением МДС размагничивающего действия поперечной реакции якоря на ток параллельной ветви стабилизирующей обмотки.

Вопрос 5. 143. Каким может быть число параллельных ветвей стабилизирующей обмотки машины постоянного тока?
Ответ: $a_C = a_K = a_Д = 1$; 2, т. е. как и в компенсационной обмотке, обмотке добавочных полюсов: равным единице или двум.

Вопрос 5. 144. Какую плотность тока имеет проводник стабилизирующей обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP22?
Ответ: (4,5 ÷ 6,0) А/мм^2, в среднем около 5,0 А/мм^2, т. е. равную плотности тока в проводнике обмотки возбуждения.

Вопрос 5. 145. Какую плотность тока имеет проводник стабилизирующей обмотки машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP44?
Ответ: (2,0 ÷ 3,0) А/мм^2, в среднем около 2,5 А/мм^2., т. е. равную плотности тока в проводнике обмотки возбуждения.

Вопрос 5.146. Какая экспериментально получаемая зависимость оценивает коммутационную надежность машины постоянного тока?
Ответ: $\Delta I_{ДП} = f(I_a)$, т. е. зависимость тока подпитки (или отпитки) от тока якоря машины постоянного тока.

Вопрос 5. 147. Каким классом коммутации нормируется степень искрения при номинальном режиме работы машины постоянного тока? **Ответ:** не выше 1,5.

Вопрос 5. 148. Какое искрение в скользящем контакте имеет машины постоянного тока со степенью искрения 1,5?
Ответ: слабое точечное искрение под большей частью щетки.

Вопрос 5. 149. Для какого режима работы машины постоянного тока нормируется степень искрения в скользящем контакте? **Ответ:** для номинального режима работы.

Вопрос 5. 150. По какому расчетному параметру оценивается коммутационная напряженность машины постоянного тока?
Ответ: по реактивной ЭДС, индуктируемой в замкнутой накоротко секции во время ее коммутации.

Вопрос 5. 151. От каких параметров и как зависит реактивная ЭДС коммутируемой секции обмотки якоря?
Ответ: $E_p = 2w_c \times L_\delta \times A \cdot v_a' \times \lambda'_n \times 10^{-6}$, т. е. прямо пропорциональная зависимость от числа витков в секции якоря, от расчетной длины сердечника якоря, от линейной нагрузки, от окружной скорости якоря, от приведенной удельной магнитной проводимости пазового рассеяния.

Вопрос 5. 152. Какой величиной нормируется реактивная ЭДС коммутируемой секции машины постоянного тока с $h \le 200$ мм? **Ответ:** $E_p \le 2{,}5 \div 3{,}5$ В.

Вопрос 5. 153. Какой величиной нормируется реактивная ЭДС коммутируемой секции машины постоянного тока с h ≥ 200 мм. но не более 355 мм? **Ответ:** $E_p \le 5$ В.

Вопрос 5. 154. Для каких машины постоянного тока реактивная ЭДС коммутируемой секции нормируется величиной не более 2,5 ÷ 3,5 В?
Ответ: для машины постоянного тока с $h \le 200$ мм.

Вопрос 5. 155. Для каких машины постоянного тока реактивная ЭДС коммутируемой секции нормируется величиной не более 5 В?
Ответ: для машины постоянного тока с $200 < h \le 355$ мм.

Вопрос 5. 156. От каких параметров и как зависит приведенная удельная магнитная проводимость пазового рассеяния машины постоянного тока при ненапряженной коммутации с овальными полузакрытыми пазами якоря? **Ответ:**

$$\lambda'_{\text{п}} = 0{,}6 \times \left(\frac{h_{\text{п}}}{2 \times r_2} + \frac{h_{\text{ш}}}{b_{\text{ш}}} + \frac{L_{\text{л}}}{L_a}\right) + \frac{2{,}5 \times 10^5}{w_c \times L_a \times A \times v_a} \times \frac{a}{p}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от размеров паза по высоте: высоты паза h_n, высоты шлица $h_ш$, длины лобовой части полувитка обмотки якоря; обратно пропорциональная зависимость от размеров паза по ширине: диаметра большой полуокружности $2r_2$, ширины шлица $b_ш$, длины (активной) полувитка обмотки якоря; прямо пропорциональная зависимость от числа пар параллельных ветвей обмотки якоря; обратно пропорциональная зависимость от числа витков в секции обмотки якоря, от активной длины полувитка, линейной нагрузки, окружной скорости якоря, от числа пар полюсов машины постоянного тока.

Вопрос 5. 157. От каких параметров и как зависит приведенная удельная магнитная проводимость пазового рассеяния машины постоянного тока при ненапряженной коммутации с открытыми пазами якоря? **Ответ:**

$$\lambda'_{\text{п}} = 0{,}6 \times \left(\frac{h_{\text{п}}}{b_{\text{п}}} + \frac{L_{\text{л}}}{L_a}\right) + \frac{2{,}5 \times 10^5}{w_c \times L_a \times A \times v_a} \times \frac{a}{p}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от размеров паза по высоте: высоты паза h_n, длины лобовой части полувитка обмотки якоря; обратно пропорциональная зависимость от размеров паза по ширине: ширины паза b_n, от активной длины

полувитка обмотки якоря; прямо пропорциональная зависимость от числа пар параллельных ветвей обмотки якоря; обратно пропорциональная зависимость от числа витков в секции якоря, от активной длины полувитка, линейной нагрузки, окружной скорости якоря, от числа пар главных полюсов машины постоянного тока.

Вопрос 5. 158. Как выбирается ширина щетки машины постоянного тока с простой волновой обмоткой якоря? **Ответ:** $b_щ = (2 \div 4)\ t_К$, т. е. (2 ÷ 4) коллекторных деления.

Вопрос 5. 159. Как выбирается ширина щетки машины постоянного тока с простой петлевой обмоткой якоря?
Ответ: $b_щ = (u_п + 0{,}5)\ t_К$, т. е. необходимо число элементарных пазов в одном эффективном увеличить на 0,5 и умножить на величину коллекторного деления.

Вопрос 5.160. От каких параметров и как зависит ширина зоны коммутации машины постоянного тока? **Ответ:**

$$b_{з.к} \leq (\frac{b_щ}{t_к} + u_п + \epsilon_к - \frac{a}{p}) \times t_к \times \frac{D}{D_к}$$

т. е. прямо пропорциональная зависимость от ширины щетки, числа элементарных пазов в одном эффективном, укорочения шага в коллекторных делениях, числа пар параллельных ветвей обмотки якоря, от величины коллекторного деления и отношения диаметра якоря к диаметру коллектора.

Вопрос 5. 161. Требования к ширине зоны коммутации машины постоянного тока.
Ответ: $b_{ЗК} \leq (0{,}55 \div 0{,}70)(\tau - b_p)$, т. е. не более (0,55 ÷ 0,70) разности полюсного деления и длины полюсной дуги главного полюса.

Вопрос 5. 162. По каким параметрам выбирается марка щетки машины постоянного тока? **Ответ:** в соответствии с условиями коммутации; по окружной скорости коллектора.

Вопрос 5. 163. Назовите марки щеток машины постоянного тока.
Ответ: углеграфитные; графитные; электрографитированные; металлографитные.

Вопрос 5. 164. Как определяется контактная площадь всех щеток машины постоянного тока.
Ответ: $\Sigma S_щ = 2\ I_{ном} \times 10^{-4} / J_щ$, *т. е.* берется двойной номинальный ток якоря и делится на плотность тока в щетке.

Вопрос 5. 165. От каких параметров и как зависит контактная площадь всех щеток машины постоянного тока?
Ответ: прямо пропорциональная зависимость от номинального тока якоря;
обратно пропорциональна я зависимость от плотности тока в щетке.

Вопрос 5. 166. Как определяется контактная площадь щеток одного бракета машины постоянного тока?
Ответ: $S_{щ.б} = \Sigma S_щ / (2p)$,т. е. это контактная площадь всех щеток машины постоянного тока, поделенная на число главных полюсов.

Вопрос 5. 167. Как определяется число щеток на один бракет машины постоянного тока?
Ответ: $N_щ = S_{щ.б} / (L_щ \cdot b_щ)$, т. е. разделить контактную площадь щеток одного бракета на контактную площадь одной щетки (это должно быть целое число).

Вопрос 5. 168. Назначение добавочных полюсов в машины постоянного тока.
Ответ:
создать в коммутируемой секции *эдс* $E_к$, направленную встречно $E_р$;
обеспечить ускоренную коммутацию, $E_р' = (1{,}05 \div 1{,}1)\ E_р$.

Вопрос 5. 169. Как определяется индукция в воздушном зазоре добавочного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $B_{δД} = E_р' / (2 \cdot w_c \times L_δ \times v_a)$, т. е. необходимо разделить *эдс* в коммутируемой секции, обеспечивающую ускоренную коммутацию, на двойное произведение числа витков в коммутируемой секции, расчетной длины якоря, окружной скорости якоря.

Вопрос 5. 170. От каких параметров и как зависит индукция в воздушном зазоре добавочного полюса машины постоянного тока?
Ответ:
прямо пропорциональная зависимость от величины реактивной *эдс*, индуктируемой в замкнутой накоротко секции во время коммутации; обратно пропорциональная зависимость от числа витков в секции, окружной скорости якоря.

Вопрос 5. 171. Как определяется магнитный поток добавочного полюса в воздушном зазоре?
Ответ: $Φ_{δД} = B_{δД} \times b'_{Д.н} \times L_{Д.н}$, т. е. умножением величины индукции в воздушном зазоре добавочного полюса на произведение расчетных ширины и длины полюсного наконечника добавочного полюса.

Вопрос 5. 172. Как определяется расчетная ширина добавочного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $b'_{Д.н} = b_{Д.н} + 2 \cdot δ_Д$, т. е. суммируется ширина полюсного наконечника и двойная величина воздушного зазора добавочного полюса.

Вопрос 5. 173. Какую длину имеет полюсный наконечник добавочного полюса?
Ответ: $L_{Д.н} = L_a$, т. е. равен длине магнитопровода якоря.

Вопрос 5. 174. Требования к ширине полюсного наконечника добавочного полюса добавочного полюса.
Ответ: $b_{Д.н} \le (0{,}55 \div 0{,}75) \times b_{З.К}$, т. е. не более (0,55 ÷ 0,75)·ширины зоны коммутации.

Вопрос 5. 175. Обоснование величины воздушного зазора под добавочным полюсом добавочного полюса.
Ответ:
$δ_Д \approx 0{,}02 \times D$, т. е. примерно 2% от диаметра якоря;
$δ_Д \approx (1{,}5 \div 2{,}0) \cdot δ$, т. е. в (1,5 ÷ 2,0) раза больше воздушного зазора под главным полюсом.

Вопрос 5. 176. Как определяется магнитный поток в сердечнике добавочного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $Φ_Д = σ_Д \cdot Φ_{δД}$, т. е. умножением потока добавочного полюса в воздушном зазоре на коэффициент рассеяния добавочного полюса.

Вопрос 5. 177. Коэффициент рассеяния добавочного полюса при наличии (отсутствии) компенсационной обмотки.
Ответ: $σ_Д = 2{,}5 \div 3{,}5$ при отсутствии и $σ_Д = 2$ при наличии компенсационной обмотки.

Вопрос 5. 178. Как определяется индукция в сердечнике добавочного полюса машины постоянного тока?
Ответ: $B_{С.Д} = Ф_Д / (b_Д \cdot \ell_Д)$,т. е. делением магнитного потока в сердечнике добавочного полюса на сечение сердечника.

Вопрос 5. 179. Какой величиной ограничивается индукция в сердечнике добавочного полюса машины постоянного тока? **Ответ:** $B_{С.Д} \leq 1{,}6$ Тл.

Вопрос 5. 180. Какую форму поперечного сечения может иметь добавочный полюс машины постоянного тока?
Ответ: прямоугольную; Т–образную с расширением к якорю; прямоугольную со скошенным наконечником; Т–образную с расширением к станине.

Вопрос 5. 181. Назовите составляющие полной МДС обмотки добавочного полюса.
Ответ:
МДС воздушного зазора под добавочным полюсом;
МДС в зубцах сердечника якоря;
МДС (средняя) в ярме сердечника якоря;
МДС в сердечнике добавочного полюса;
МДС воздушного зазора между станиной и добавочным полюсом;
МДС (средняя) в станине;
МДС, равная произведению линейной нагрузки на половину полюсного деления.

Вопрос 5. 182. Как определяется число витков на один добавочный полюс машины постоянного тока?
Ответ: $W_Д = F_Д \times a_Д / I$, т. е. делением полной МДС обмотки добавочного полюса на величину тока параллельной ветви этой же обмотки.

Вопрос 5. 183. Число параллельных ветвей обмотки добавочных полюсов машины постоянного тока.
Ответ: $a_Д = a_К = 1$ (или 2) , т. е. равно числу параллельных ветвей компенсационной обмотки (1 или 2).

Вопрос 5. 184. Как определяется сечение провода обмотки добавочных полюсов машины постоянного тока?
Ответ: $q_Д = I / (a_Д \times J_Д)$, т. е. делением тока параллельной ветви обмотки добавочных полюсов на величину её плотности тока.

Вопрос 5. 185. Плотность тока обмотки добавочных полюсов машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP44. **Ответ:** $J_Д = (2 \div 3)$ А/мм^2.

Вопрос 5. 186. Плотность тока обмотки добавочных полюсов машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами при IP22.
Ответ: $J_Д = (4{,}5 \div 6{,}5)$ А/мм^2 , т. е. примерно в два раза выше, чем при IP44.
Вопрос 5. 187. От каких параметров и как зависит средняя длина витка добавочного полюса машины постоянного тока с явновыраженными главными полюсами?
Ответ: $L_{Д.ср} = 2(L_Д + b_Д) + \pi\ (b_{КТ.Д} + 2 \times \Delta_{из})$, т. е. прямо пропорциональная зависимость от геометрических размеров сердечника добавочного полюса (длины и ширины), от ширины катушки добавочного полюса, от одностороннего зазора между сердечником добавочного полюса и катушкой с учетом изоляции сердечника.

6. Список литературы

1. Гольдберг О. Д. и др. Инженерное проектирование и САПР электрических машин. Учебн. для ВТУЗов / Под ред. О. Д. Гольдберга.– М.: Академия, 2008.–560 с.
2. Проектирование электрических машин: Учебник для вузов / И.П.Копылов, Б.К. Клоков, В. П. Морозкин, Б. Ф. Токарев; Под ред. И.П.Копылова.– 3–е изд., исправл. и доп.– М.: Высш. шк, 2002.–757с.
3. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И. П. Копылова и Б.К. Клокова. Т 1.– М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456с.
4. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И. П. Копылова и Б.К. Клокова. Т 2.– М.: Энергоатомиздат, 1989. – 688с.
5. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро / Под ред. В. И. Радина. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.
6. Шубов И. Г. Шум и вибрация электрических машин / И. Г. Шубов. – 2–е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.

Содержание

Учебное издание

Игнатович Виктор Михайлович, Муравлев Олег Павлович, Муравлева Ольга Олеговна
Проектирование электрических машин в вопросах и ответах
Учебное пособие
Издано в авторской редакции

Научный редактор кандидат технических наук доцент О.Л. Рапопорт

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал–макета

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822) 56–35–35, www.tpu.ru